PIZZOFALCONE

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio

Palchetto

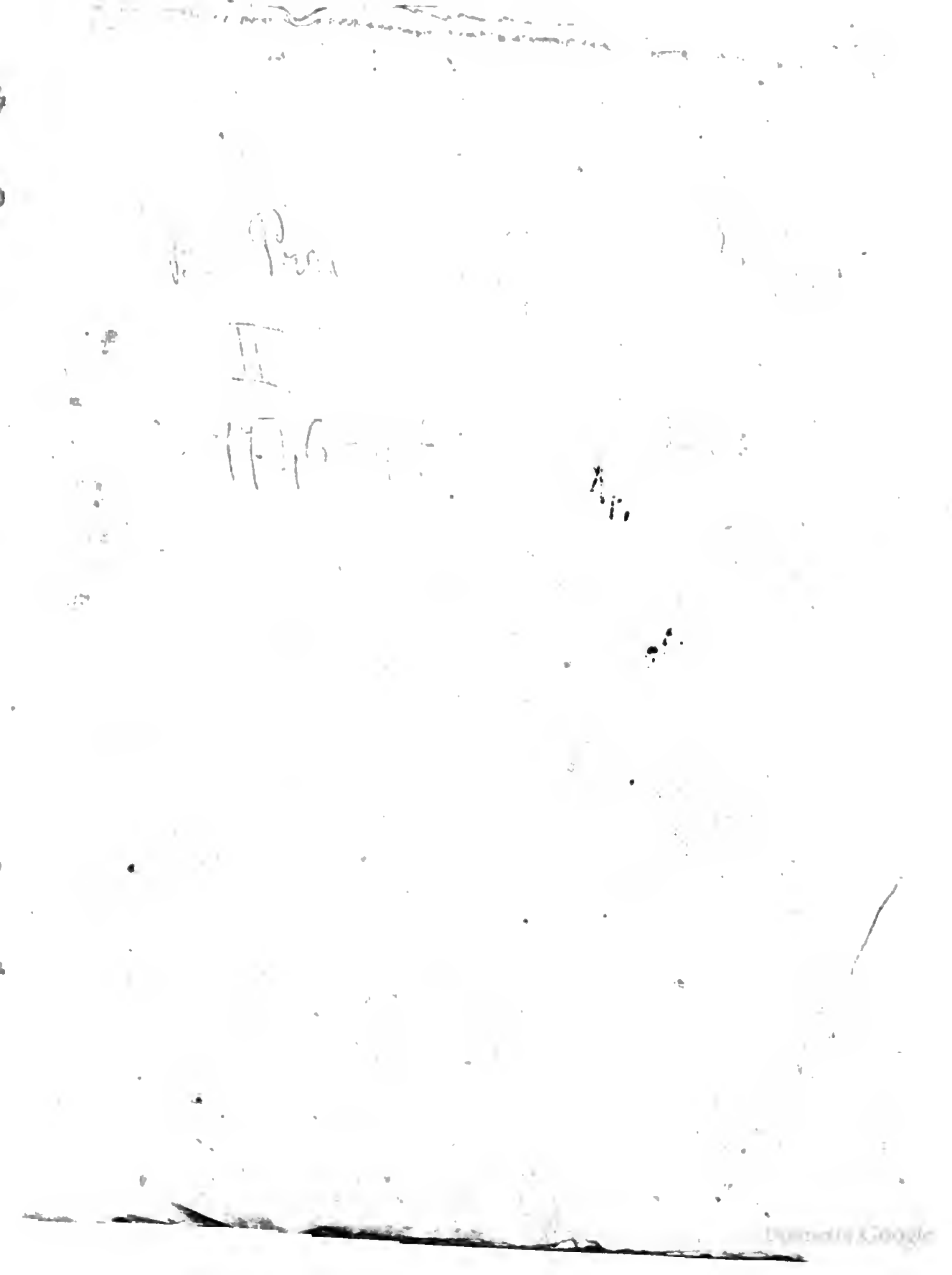
Num.° d' ordine 21336

NAZIONALE
B. Prov.
1746
NAPOLI

VITT. EM. II

R. BIBLIOTECA

Digitized by Google



610991

OEUVRES
DE
M. MARIOTTE,
DE L'ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES;

COMPRENANT

Tous les Traitez de cet Auteur, tant ceux qui avoient déja paru ſéparément, que ceux qui n'avoient pas encore été publiés;

Imprimées ſur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;

Revûes & corrigées de nouveau.

NOUVELLE ÉDITION.

TOME PREMIER.

BIBLIOTECA PROVINCIALE DI NAPOLI
NAPOLI

A LA HAYE,
Chez JEAN NEAULME,
M, D CC, XL.

OFFICIO TOPOGRAFICO

Digitized by Google

AVIS AU LECTEUR.

DI NAPOLI

MOn deſſein n'eſt pas de vous entretenir ici au long de l'eſtime que les perſonnes de bon goût en matière de Philoſophie ont toûjours faite des Ouvrages de Mr. *Mariotte*; puiſque c'eſt ce qui paroît aſſez par l'avidité avec laquelle on a reçû de tems en tems toutes les Piéces qu'il a publiées, & par la rareté des Exemplaires, nonobſtant les diverſes Editions qu'on en a faites. Encore moins m'arrêterai-je à faire voir qu'en ceci on n'a fait, après tout, que lui rendre juſtice, comme il ne ſeroit pas difficile de le montrer; ſoit que l'on conſidére la nature, la variété, & l'utilité des choſes qui ſont traitées dans ces Piéces, ſoit que l'on faſſe attention à la méthode & à la nature des Preuves dont il ſe ſert pour les établir; je veux dire les Démonſtrations de Mathématique & les raiſonnemens fondés ſur les Expériences, les ſeuls fondemens ſur leſquels on puiſſe bâtir quelque choſe de ſolide & de vrai en matière de Phyſique, comme il le dit très-bien dans ſon *Eſſai de Logique*, & comme l'ont reconnu après lui pluſieurs habiles Philoſophes modernes. Paſſant toutes ces choſes ſous ſilence, & les laiſſant au jugement du Public; pour rendre uniquement raiſon de cette Edition, je

 dirai

dirai que toutes ces conſidérations, jointes aux ſollicitations de diverſes perſonnes, qui aiment la bonne Philoſophie, & au déſir que j'ai de ſatisfaire aux empreſſemens des Curieux, n'ont pas eu de peine à me déterminer à donner un Recueil des différens Traitez ou Ecrits de notre Auteur, leſquels ne s'étoient trouvés juſqu'ici que ſéparément.

Pour le rendre le plus complet qu'il a été poſſible, nous avons pris garde à deux choſes. La première, d'y faire entrer toutes les Piéces de notre Auteur: celles qui avoient paru déja ſous ſon nom, comme ſont les dix premières Piéces, marquées de ſuite à la fin de cette Préface: celles qui avoient été publiées Anonymes, comme l'*Eſſai de Logique*; Piéce dont bien des gens ignoroient le véritable Auteur; mais qui aſſûrément doit être attribuée à Mr. *Mariotte*, comme il le dit lui-même dans ſon Traité du *Mouvement des Eaux* à la page 384 & 386 de cette Edition, & comme il eſt d'ailleurs aiſé de le reconnoître par la parfaite conformité du ſtyle, des Principes, des Hypothèſes, & de la manière de raiſonner de cet Ecrit avec ceux de ſes autres Ouvrages: enfin, celles qui n'avoient pas encore été publiées, comme le *Traité du Mouvement des Pendules*. La ſeconde choſe à laquelle nous avons pris garde, ç'a été de collationner entr'elles les diverſes Editions, & de faire imprimer les Piéces qui avoient déja paru, ſur les Editions les plus complettes & les plus exactes: Comme le *Traité de la Percuſſion ou Choc des Corps*, ſur la troiſième Edition de Paris de 1679, qui pour l'exactitude & l'augmentation a un avantage tres-conſidérable ſur la ſeconde: Les *Diſcours ſur les Plantes, la Nature de l'Air, & le Froid & le Chaud*, ſur

AVIS AU LECTEUR.

ſur l'Edition de Paris de 1676 & 1679 : Le *Traité des Couleurs*, ſur celle de Paris de 1686 : Le *Traité du Mouvement des Eaux*, ſur l'Edition de Paris de 1690, publiée par Mr. de la Hire : Les *Régles des Jets d'eau*, ſur l'Edition qui s'en trouve dans le *Recueil des Ouvrages de Phyſique & de Mathématique de Mrs. de l'Académie des Sciences*, in Folio, à Paris 1693 : La *Nouvelle Découverte touchant la Vüe*, ſur celle qui s'en trouve dans le Recueil de pluſieurs traitez de Mathématique de l'Académie Roïale des Sciences, en grand Folio, à Paris de l'Imprimerie Roïale 1679 : Le *Traité du Nivellement*, ſur l'Edition qui s'en trouve dans le même Recueil, laquelle pour l'augmentation & l'exactitude ſurpaſſe de beaucoup l'Edition précédente : Les *Expériences ſur les Couleurs & la Congélation de l'Eau*, ſur ce qui en a paru en l'an 1672 & 1682 : *L'Eſſai de Logique*, ſur l'Edition de Paris de 1678 : Et pour ce qui eſt du *Traité du Mouvement des Pendules*, qui n'avoit point encore paru, nous l'avons fait imprimer ſur le Manuſcrit Original de l'Auteur, qui, comme on le voit par la Lettre miſe à la tête de ce Traité, l'envoïa au célébre Mr. *Huygens*, qui à ſa mort le légua, avec bon nombre d'autres Manuſcrits rares, à la Bibliothéque de l'Univerſité de *Leide*, d'où on me l'a communiqué à la prière que j'en avois faite à Meſſieurs les Curateurs de l'Univerſité, & en particulier les Bourguemaîtres de la Ville de Leide.

A l'égard de l'ordre dans lequel nous avons diſpoſé ces différens Traitez, & qu'on peut voir dans la Table miſe à la tête de ce premier Volume ; nous avons jugé à propos de faire précéder les plus gros & les plus conſidérables, & de réſerver pour la fin ceux qui l'étoient moins, ſans avoir aucun

égard au tems auquel ces différens Traitez ont paru. Il eſt vrai que l'ordre ſembloit exiger qu'on mît l'*Eſſai de Logique* à la tête, comme étant un Livre qui contient les premiers Principes des Sciences, & ſur-tout de celle à laquelle Mr. *Mariotte* s'étoit appliqué. Mais c'eſt ce qui s'eſt trouvé impoſſible, parce que nous n'avons appris que cette Piéce, qui étoit ſans nom d'Auteur, étoit de lui, qu'après l'impreſſion de pluſieurs autres Piéces de ſa façon. Et en tout cas, s'il y a en ceci du défaut, on peut dire qu'il eſt très-petit; & que tout autre qui en auroit été informé à tems, en auroit uſé comme nous avons fait: car, quoique ce Traité ne reſſemble point du tout, ou très-peu, aux autres Traitez de ce genre, qui, ſi vous en exceptez cette partie qu'on nomme la Méthode, reſſemblent plûtôt à des Métaphyſiques qu'à des Traitez qui contiennent les Principes des Sciences; néanmoins, comme le titre d'*Eſſai de Logique* eſt un préjugé peu favorable pour un livre, ou du moins que bien des gens le regardent comme tel, il eſt certain que c'eſt une raiſon ſuffiſante pour le mettre dans l'endroit où nous l'avons placé, c'eſt-à-dire, après toutes les Piéces de Méchanique & d'Expériences.

Pour la Correction; nous oſons dire que nous n'avons rien négligé pour rendre à cet égard cette Edition la plus exacte qu'il a été poſſible. Nous avons eu ſoin d'emploïer pour cet effet des Perſonnes qui entendent non-ſeulement la bonne Orthographe, mais même les matières contenues dans ces différens Traitez; ce qui étoit d'autant plus néceſſaire, que d'un côté, c'eſt de l'intelligence des choſes que dépend la bonne ponctuation, comme c'eſt de la bonne ponctuation

que

que dépend en partie la clarté d'un Ecrit; & de l'autre, que les Editions qui avoient paru juſques ici, étoient mal orthographiées, mal ponctuées, & qu'il y avoit encore pluſieurs fautes de Calculs Numériques & Algébriques qui avoient beſoin d'être redreſſées, comme on pourra s'en convaincre, pourvû qu'on veuille ſe donner la peine de comparer entr'autres les calculs de la page 648 & ſuivante avec ceux de la vieille Edition. Ce que nous venons de dire, ſe doit auſſi entendre des Figures, qu'on a de même fait graver le plus exactement qu'il a été poſſible, en les faiſant corriger & redreſſer par des Perſonnes très-habiles & qui s'y entendent.

Pour plus grande commodité, auſſi-bien que pour rendre cette Edition plus belle, on a mis les Propoſitions & les autres choſes les plus dignes de remarque, en caractéres Italiques, au lieu que dans les Editions précédentes elles étoient la plûpart en caractéres Romains. Dans les Traitez des *Plantes*, de la *Nature de l'Air*, & du *Chaud & du Froid*, on a mis des ſommaires à la marge, afin que d'un coup d'œil on puiſſe voir le contenu des différens Paragraphes, & ſi l'on n'a pas fait la même choſe dans les autres Traitez, c'eſt qu'on n'a pas jugé que cela fût néceſſaire, les choſes y étant aſſez diſtinguées par les Propoſitions ou autrement. L'on a mis à la fin de cet Ouvrage un Indice de toutes les Matiéres qui y ſont contenues ſelon l'ordre & la ſuite de l'impreſſion, afin que non-ſeulement on puiſſe tout d'un coup ſe former une idée générale du contenu de ce Livre, mais auſſi qu'on puiſſe en tems & lieu trouver chaque matiére dont on a beſoin. Et enfin on a choiſi un papier conforme à la beauté du caractére, & l'on a diviſé tout l'Ouvrage en deux

AVIS AU LECTEUR.

Tomes, pour prévenir la peſanteur du Volume.

Au reſte, je ne crois pas qu'il ſoit néceſſaire de rendre ici raiſon pourquoi l'on a mis dans la *Nouvelle Découverte touchant la Vuë*, les Lettres de Mrs. *Pecquet* & *Perrault*, qui ſont des piéces étrangéres. On voit aſſez que, les Lettres de Mr. *Mariotte* étant des réponſes qu'il leur a faites, la raiſon vouloit qu'on les y joignît, afin de faciliter d'autant plus l'intelligence de ces dernières.

TABLE

TABLE

DU CONTENU ET DE L'ORDRE DES

OUVRAGES

DE Mr. MARIOTTE.

TOME PREMIER.

TRaité de la Percuſſion ou Choc des Corps, dans lequel les principales Régles du mouvement ſont expliquées & démontrées par leurs véritables cauſes. Nouvelle Edition revûe & augmentée de pluſieurs Propoſitions touchant l'accélération du mouvement des Corps qui tombent. Diviſé en deux Parties. Pag. 1

Eſſais de Phyſique, ou Mémoires pour ſervir à la Science des choſes naturelles. 117

—— *Premier Eſſai. De la Végétation des Plantes.* 119

—— *Second Eſſai. De la Nature de l'Air.* 148

—— *Troiſième Eſſai. Du Chaud & du Froid.* 183

—— *Quatrième Eſſai. De la Nature des Couleurs.* 195

TABLE

TABLE

DU CONTENU ET DE L'ORDRE DES

OUVRAGES

DE Mr. MARIOTTE.

TOME SECOND.

TRaité du Mouvement des Eaux & des autres Corps fluides; diviſé en V. Parties; imprimé ſur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau. 321

Régles pour les Jets d'Eau. 482

Nouvelle Découverte touchant la Vüe, contenue en pluſieurs Lettres. Nouvelle Edition, revûe & corrigée. 495

Traité du Nivellement, avec la Deſcription de quelques Niveaux nouvellement inventés; imprimé ſur la dernière & la plus complette Edition, augmentée & corrigée de nouveau. 535

Traité du Mouvement des Pendules; imprimé pour la première fois ſur le Manuſcrit Original de l'Auteur écrit à Mr. Huygens. 557

Expériences touchant les Couleurs & la Congélation de l'Eau. 601

Eſſai de Logique, contenant les Principes des Sciences, & la manière de s'en ſervir pour faire de bons raiſonnemens; diviſé en deux Parties. 609

TRAI-

TRAITÉ
DE LA
PERCUSSION
OU CHOC
DES CORPS,

DANS LEQUEL LES PRINCIPALES Régles du mouvement ſont expliquées, & démontrées par leurs véritables cauſes.

NOUVELLE EDITION,

Revuë & Augmentée de pluſieurs Propoſitions touchant l'accélération du mouvement des Corps qui tombent.

DIVISÉ EN DEUX PARTIES.

Par Mr. MARIOTTE,

De l'Académie Royale des Sciences.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

PREMIÈRE PARTIE.

DÉFINITIONS.

I.

CORPS flexible à reſſort eſt celui qui aiant changé de figure, par le choc ou par le preſſement d'un autre corps, reprend de ſoi-même ſa première figure ; comme un ballon plein d'air bien preſſé, un anneau d'acier trempé, une corde de boyau tenduë fermement.

II.

Corps flexible ſans reſſort eſt celui qui aiant pris une nouvelle figure par le choc ou par le preſſement d'un autre corps, conſerve cette figure ; comme la cire, la terre-glaiſe médiocrement imbibée d'eau.

III.

Vîteſſe reſpective de deux corps eſt celle avec laquelle ils s'approchent, ou s'éloignent l'un de l'autre, quelles que ſoient leurs vîteſſes propres ; comme ſi le corps A eſt éloigné de quatre pieds du corps B, & que dans le tems d'une ſeconde le corps A parcoure l'eſpace AC d'un pied, & le corps B l'eſpace BC de trois pieds, chacun avec une vîteſſe uniforme, la vîteſſe propre du corps A ſera AC, ou 1, & celle du corps B, BC ou 3 ; mais leur vîteſſe reſpective ſelon laquelle ils ſe rencontrent au point C, ſera AB ou 4 : & en quelque autre lieu qu'ils ſe rencontrent, ſoit que tous deux ſoient en mouvement, ſoit que l'un d'eux ſoit en repos, leur vîteſſe reſpective ſera toûjours dite la même, ſi étant à une diſtance de quatre pieds l'un de l'autre lors qu'ils commencent à ſe mouvoir, ils ſe rencontrent dans le même tems d'une ſeconde. TAB. I. Fig. 1.

SUPPOSITIONS.

I.

UN corps étant mis en mouvement, continuera toûjours ſon mouvement de même part avec la même vîteſſe, s'il n'eſt empêché par la rencontre d'un autre corps, ou par quelque cauſe.

Cette Suppoſition eſt reçûe par pluſieurs ſçavans Géométres; & l'expérience qui la peut confirmer, eſt de donner un mouvement en rond à un pendule de ſeize ou dix-ſept pieds, après avoir éloigné ſon plomb de ſon point de repos de huit ou dix pieds: car ce plomb tournera aſſez lentement, & quoi que l'air lui réſiſte, & que ſa peſanteur le pouſſe vers ſon point de repos, il ne laiſſera pas, s'il pèſe environ une livre, de parcourir l'eſpace de plus de 700 toiſes en 400 tours, & de continuer encore ſon mouvement aſſez long-tems; ce qui peut faire juger que ſans ces empêchemens il continueroit toûjours à ſe mouvoir de même. Il ne faut point croire que le reſſort de l'air ſoit la cauſe de la continuation du mouvement, en s'étendant en rond depuis la partie antérieure du corps pouſſé, juſques à ſa partie poſtérieure: car l'air qui eſt pouſſé en avant & à côté par un corps qui ſe meut, fait agir ſon reſſort vers les mêmes parties; & celui qui ſuit le corps immédiatement, eſt l'air qui lui étoit contigu avant le mouvement, comme on le peut juger, lors qu'on laiſſe tomber de deux ou trois pieds de hauteur une petite balle de plomb dans un ſeau d'eau; car cette balle aiant percé l'eau, entraîne après ſoi le même air qui la ſuivoit, & on le voit s'élever en petites bulles rondes vers le haut de l'eau, auſſi-tôt que la balle a touché le fond: ce qui fait connoître que la partie du corps fluide qui eſt pouſſée en avant par un corps qui ſe meut, ne vient point enſuite les choquer par derrière.

II.

Les corps qui ſont pouſſés de bas en haut par des forces différentes, s'élevent à des hauteurs différentes; & ces hauteurs ſont entre elles comme les quarrez des vîteſſes avec leſquelles ces corps ont commencé à s'élever. Et réciproquement les corps qui tombent de différentes hauteurs par leur propre poids ſur une même ſurface horiſontale, rencontrent cette ſurface avec des vîteſſes différentes, dont les quarrez ſont l'un à l'autre comme ces hauteurs. Par exemple, ſi un corps pouſſé de bas en haut commençant à ſe mouvoir avec une certaine vîteſſe, s'éleve à un pied de hauteur; il s'élevera à quatre pieds, ſi étant pouſſé plus fort il commence ſon mouvement avec une vîteſſe double de la premiére; & commençant ſon mouvement avec une vîteſſe triple de la premiére, il s'élevera à neuf pieds.

III.

TAB. I. Fig. 2. *Si un corps comme B, ſuſpendu à un fil A B, eſt pouſſé perpendiculairement de bas en haut, & qu'il s'éleve à une hauteur comme B D; lors qu'il ſera*

ſera pouſſé horiſontalement, en ſorte qu'il commence ſon mouvement avec la même viteſſe, il s'élevera à la même hauteur en C, par l'arc B C, la ligne C D étant ſuppoſée horiſontale. Et s'il retombe, ſoit par la perpendiculaire D B, ſoit par l'arc C B, il reprendra au point B une viteſſe égale à celle qui l'avoit fait élever en C, ou en D.

Cette ſuppoſition & la précédente ſont aſſez bien établies par *Galilée* & par pluſieurs autres Géométres, ſi l'on fait abſtraction de la réſiſtance de l'air & des autres empêchemens; & elles ſont conformes aux expériences à fort peu prés, nonobſtant la réſiſtance de l'air; mais, on les prend ici dans la préciſion exacte pour rendre les démonſtrations plus intelligibles.

IV.

Les petits battemens d'un pendule ſe font en des tems ſenſiblement égaux, quoi que ſon plomb décrive des arcs inégaux; mais pour la facilité des démonſtrations, on ſuppoſe ici que ces tems ſont préciſement égaux.

PROBLEME.

PROPOSITION I.

Faire que deux corps ſe rencontrent directement avec des viteſſes qui ſoient l'une à l'autre en telle raiſon que l'on voudra.

POUR exécuter facilement ce Problême, il faut avoir une machine ſemblable à celle qui eſt repréſentée dans la 3 Figure.

ABC eſt une piéce de bois triangulaire poſée de manière que la ligne BC ſoit parallele à l'horiſon. La ſurface ABC eſt plane & polie, de cinq ou ſix pieds de hauteur, & perpendiculaire à l'horiſon. DE eſt une ligne en cette ſurface, parallele à BC, d'environ deux ou trois pouces de longueur, diviſée également au point F. DI, FK, EL, ſont des lignes tracées ſur la ſurface ABC, perpendiculaires à DE, égales entre elles, & de quatre ou cinq pieds de longeur. On plante deux cloux aux points D, & E, & l'on y atache deux filets où ſont ſuſpendues deux boules de terre-glaiſe médiocrement molle, le tout en ſorte, que ſi l'on imagine les trois lignes III, K*d*, LG, de quatre pouces chacune, être élevées perpendiculairement ſur la ſurface ABC, les points H & G ſoient les centres des boules ſuſpendues, & le point *d*, celui où elles ſe touchent étant en repos, lorſqu'elles ſont égales. LM, IN, ſont deux arcs de cercle de 30 degrez chacun, dont les lignes DI, EL, ſont les demi-diamétres. Ces arcs ſeront diviſés par degrez depuis les points I & L, & les diviſions ſeront marquées par de petites lignes inclinées aux centres D & E, comme la ligne XY. On peut prendre cette ſurface ABC dans un mur de pierre de taille ou de plâtre, &c. ſelon la commodité qu'on en

TAB. I. Fig. 3.

TAB. I. Fig. 4. aura. La manière dont les boules que nous appellerons G & H, ſont atachées aux filets, eſt repréſentée par la Figure marquée 4, en laquelle le point O repréſente le centre de la boule. R S eſt un petit morceau de bois ataché au filet de ſuſpenſion, à l'entour duquel on accommode la terre-glaiſe en boule ſelon les dimenſions néceſſaires, afin qu'elle puiſſe être ſoûtenue par le filet & conſerver ſa figure ronde. S P T eſt un petit filet ataché au morceau de bois, & paſſant à travers la partie S P de la boule, afin que le petit bout P T, qui paſſe au delà, puiſſe ſervir pour éloigner aiſément les boules l'une de l'autre, & pour les pouvoir laiſſer aller l'une contre l'autre en même tems.

Ces choſes étant ainſi diſpoſées, on tirera par le moïen du petit filet P T, l'une des boules comme G, juſques à ce que ſon centre ſoit vis-à-vis du point qui marquera le degré qu'on aura choiſi comptant les degrez depuis le point L. Par exemple, ſi l'on veut prendre douze degrez, & que le point X marque le douzième degré, on élevera le centre de la boule G, juſques à ce qu'il ſoit à la hauteur de ce point; ce que l'on connoîtra, ſi l'on a un carton taillé en quarré long, qui ait été plié en ſorte qu'on ait fait toucher deux de ſes points extrêmes, comme α & θ, & qu'en ſuite on lui ait fait prendre une figure com-

TAB. I. Fig. 5. me $\alpha\beta\theta\delta$; car la partie $\alpha\beta\theta$ étant poſée ſur une ſurface plane, la ligne droite $\beta\gamma\delta$, faite par le ply, ſera perpendiculaire à cette ſurface. Si donc on poſe le point β ſur le point X, la ligne $\beta\gamma$ étant égale & parallele à la ligne L G, qui eſt la diſtance des filets de ſuſpenſion juſques à la ſurface A B C, & qu'on éleve la boule G, juſques à ce que ſon filet de ſuſpenſion touche le point γ, on connoîtra deux choſes: La première, que le centre de la boule ſera vis-à-vis du point X, & par conſéquent autant éloigné de ſon point de repos, que le point X l'eſt du point L: La ſeconde, que ce même centre, qui eſt auſſi ſuppoſé le centre de peſanteur de la boule, conſervera toûjours en tombant la même diſtance L G, juſques à la ſurface A B C.

Or ſi X Z eſt perpendiculaire à E L, la ligne L Z ſera le ſinus verſe de l'arc L X; ſi l'on veut que l'autre boule H choque la boule G, au point *d*, avec une viteſſe double, il faut prendre la ligne I *a*, quadruple de L Z, & trouver par les tables des ſinus, l'arc qui correſpond au ſinus verſe de cette grandeur, qui ſera I *e*, ſi la ligne *a e* eſt perpendiculaire à D I. Il faut en ſuite tirer la boule H, juſques à ce que ſon centre ſoit vis-à-vis du point *e*, par le moïen du carton $\alpha\beta\theta\delta$. Alors ſi l'on tient les deux boules en ces ſituations par le moïen des pe-

TAB. I. Fig. 6. tits filets repréſentés par la ligne P T, & qu'on les laiſſe aller en même tems, elles ſe rencontreront au point *d*, en ſorte que la boule H aura immediatement avant le choc une viteſſe double de celle de la boule G; ce qui ſe prouve en cette ſorte.

D'autant que le ſinus verſe I *a* eſt quadruple du ſinus verſe Z L, la viteſſe acquiſe par la chûte de la boule H, de la hauteur *a* I, ſeroit dou-

double de la vîteſſe acquiſe par la boule G, de la hauteur L Z, par la ſeconde ſuppoſition. Mais par la troiſiéme ſuppoſition les vîteſſes acquiſes par les mêmes boules dans leurs chûtes par les arcs *e* I, X I, depuis les points *e* & X, ſont égales aux vîteſſes acquiſes par les mêmes boules dans leurs chûtes perpendiculaires *a* I, Z L. Donc la vîteſſe de la boule H, lors que ſon centre ſera arrivé à ſon point de repos, ſera double de celle de la boule G, lorſque ſon centre ſera auſſi arrivé à ſon point de repos. Et parce que ces centres arrivent en même tems à leurs points de repos par la quatriéme ſuppoſition, & qu'en ce même inſtant les boules ſe chocquent au point *d*; il s'enſuit qu'à l'inſtant qui précéde immédiatement l'inſtant de leur choc, la vîteſſe de la boule H ſera double de la vîteſſe de la boule G. Que ſi l'on veut que la boule H choque l'autre avec une vîteſſe triple; on prendra au lieu des arcs I *e*, L X, deux autres arcs tels que le ſinus verſe de l'un ſoit neuf fois plus grand que celui de l'autre. Et par les mêmes raiſons ſi on éleve les boules juſques aux extrémitez de ces arcs, & qu'on les laiſſe aller en même tems; la vîteſſe de l'une ſera triple de la vîteſſe de l'autre immédiatement avant le choc. On ſera de même dans les autres proportions.

Pour éviter la peine de chercher les ſinus verſes dans les tables, il ne faut que prendre les arcs en la proportion qu'on veut avoir les vîteſſes; car par ce moïen on approchera ſi prés de la juſte proportion que la différence en ſera inſenſible, quand les arcs n'excédent pas 15 degrez: comme ſi l'arc L X étoit de 6 degrez, I *e* ſeroit de 12 degrez une minute; c'eſt-à-dire $\frac{1}{120}$ de plus que ſi l'on avoit prit préciſément un arc de 12 degrez; ce qui ne feroit qu'environ $\frac{1}{5}$ de ligne, ſi la longueur du pendule n'étoit que de quatre pieds, qui eſt une différence qu'on peut facilement ſuppléer en mettant le point β du petit carton un peu plus haut que la petite ligne qui marque le degré, ſelon l'eſtime qu'on en pourra faire à peu prés.

De même, quoi que la chûte par un arc de 12 degrez ſe faſſe en un tems un peu plus grand que par un arc de 6 degrez, & que cela doive faire rencontrer les boules ailleurs qu'en leur vrai point de repos, la différence n'en eſt pas conſidérable; parce qu'elle ne ſera au plus que de l'épaiſſeur d'une feüille de papier: ce qui n'empêche pas une exactitude ſuffiſante dans les expériences qu'on ſera avec ces boules; & même ce défaut pourra être recompenſé ſuffiſamment ſi on éleve la boule qui décrit le plus petit arc, à un quinziéme de ligne à peu prés, plus haut que la ligne qui le marque.

On ſuppoſe donc pour rendre les démonſtrations exactes dans les propoſitions ſuivantes, que les arcs ſont préciſément dans les mêmes proportions que les vîteſſes acquiſes par les boules en deſcendant par ces arcs juſques à leurs points de repos. Mais en faiſant les expériences, il faudra conſidérer que l'arc doit être un peu plus que double, pour don-

donner une vîteſſe double ; & ainſi dans les autres proportions.

Il faudra encore conſidérer que les plombs des pendules ne remontent jamais ſi haut que le point d'où ils ſont deſcendus, à cauſe de la réſiſtance de l'air & des autres empêchemens ; mais que quand les arcs n'excédent pas 12 ou 15 degrez, la différence n'eſt pas beaucoup conſidérable.

Il ne faut pas auſſi ſe mettre en peine ſi les diſtances des centres des boules juſques à leurs points de ſuſpenſion, ne ſont pas préciſément de la longueur des demi-diamétres DI, EL ; car cela n'empêchera pas que les arcs décrits par les boules ne ſoient toûjours d'autant de degrez, & dans les mêmes proportions. Mais il faut obſerver le plus exactement qu'on pourra, que ces centres ſoient à même hauteur, comme auſſi les points de ſuſpenſion des boules.

Il eſt encore manifeſte par l'expérience, que les boules de terre-glaiſe ſe choquant s'atachent l'une à l'autre, quand elles ſont médiocrement molles, & on le ſuppoſe dans les expériences qui doivent être faites avec ces boules.

Si les boules ſont inégales, elles ne ſe touchent pas au point *d*, lorſqu'elles ſont en repos ; mais en changeant un peu leur figure ronde, on pourra les y faire toucher. Que ſi l'on veut conſerver leur figure ronde, il y faudra ajoûter un peu de terre, & faire en ſorte que lorſqu'elles ſeront en repos, elles ſe touchent préciſément.

Que ſi on veut faire choquer deux boules avec des vîteſſes égales ou différentes, qui faſſent la même vîteſſe reſpective, il faut prendre un arc comme L X, pour la vîteſſe reſpective, qu'on apellera de 12 degrez ſi l'on veut.

Or ſi l'on éloigne les deux boules de ſix degrez chacune, de leur point de repos, & qu'on les laiſſe aller en même tems, elles ſe choqueront avec la même vîteſſe reſpective de 12 degrez. La même choſe arrivera ſi l'on prend 4 degrez d'un côté, & 8 de l'autre, ou 16 degrez, & 4 degrez d'un même côté, & de même en toutes les autres proportions, pourvû que la ſomme des degrez des deux arcs ſoit toûjours la même quand ces mouvemens ſont oppoſés, ou que leur différence ſoit la même, quand ils ſont d'un même côté : car par la 4 ſuppoſition, les boules ſe rencontreront toûjours dans un même intervalle de tems, à compter depuis le commencement de leurs chûtes, juſques au moment que leurs centres arrivent à leurs points de repos, auquel moment elles doivent ſe rencontrer, & leurs vîteſſes propres feront toûjours entre elles de même que ſi elles étoient repréſentées par les parties d'une ligne droite, ſuppoſant que la vîteſſe de chaque boule ſoit uniforme, ſoit que les boules ſoient égales ou inégales.

Mais parce que les mouvemens des boules en pendule s'accélèrent juſques à leur point de repos ; on ne conſidère ici que la vîteſſe qu'elles ont acquiſe en ce point : & lors qu'on parle de leurs vîteſſes avant

ou

ou après leur choc, on entend celles qu'elles ont immédiatement avant ou après leur choc, qu'on appellera auſſi leurs viteſſes premières ou ſecondes.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION II.

SI un corps étant en mouvement eſt pouſſé par un autre corps ſelon la même ligne de direction, ou ſelon une autre, le corps pouſſé prendra un mouvement qui dépendra des deux cauſes, & ſera compoſé du premier mouvement & du ſecond, tant à l'égard de ſa direction, qu'à l'égard de ſa viteſſe.

On en peut voir l'expérience en frappant de travers une boule qui roule. Car elle ne ſuivra pas ſa première direction, & n'ira pas auſſi du côté qu'on l'aura pouſſée; mais elle prendra une direction oblique entre les deux autres, & ſa viteſſe ſera auſſi augmentée. Et ſi lors qu'on tire une Arbalette, on pouſſe la main en avant, le trait ira plus loin, que ſi l'on n'avance point la main; & il ira moins loin, ſi l'on retire la main au lieu de l'avancer. De même, ſi on lance un dard à courſe de cheval, il percera bien mieux ce qu'il rencontrera, que s'il étoit pouſſé par le ſeul mouvement du bras.

SECOND PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION III.

LOrſque deux corps ſe choquent directement, la puiſſance ou force de leur choc pour faire impreſſion l'un ſur l'autre eſt la même, ſoit qu'ils aillent l'un contre l'autre avec des viteſſes égales, ou inégales, ou qu'un ſeul des deux ſoit en mouvement, ou que tous deux aillent de même part; pourvû que la viteſſe propre de chacun d'eux ſoit uniforme ſelon la première Suppoſition, & qu'étant en même diſtance lorſqu'ils commencent à ſe mouvoir, ils employent des tems égaux à ſe rencontrer, c'eſt-à-dire, pourvû que leur viteſſe reſpective ſoit toûjours la même.

A & B ſont deux corps, dont la diſtance eſt la ligne AB. Or ſoit qu'ils ſe rencontrent en C, A ſe mouvant avec la viteſſe AC d'un degré, & B avec la viteſſe BC de 3 degrez; ou qu'ils ſe rencontrent en D, tous deux avec des viteſſes égales de 2 degrez, ou en B, A ſe mouvant ſeul avec la viteſſe AB de 4 degrez; la force du choc ſera toûjours égale: TAB. I. Fig. 1.

& il eſt évident par la Définition 3e. que la viteſſe reſpective avec laquelle ils ſe rencontrent en ces points différens, eſt toûjours la même; puiſqu'étant toûjours en la même diſtance AB, avant que de ſe mouvoir, ils ſe rencontrent dans un même intervalle de tems, le corps A arrivant auſſi-tôt en B, avec une viteſſe de quatre degrez, qu'en D, avec une viteſſe de deux degrez, ou en C, avec une viteſſe d'un degré, & le corps B arrivant auſſi dans le même tems en C ou en D, avec la viteſſe BC, 3. ou BD, 2. Que ſi le corps A ſe meut avec la viteſſe AE de cinq degrez, & B avec la viteſſe BE d'un degré de même part, ils ſe choqueront en E, & la force de ce choc ſera encore égale aux précédentes; car leur viteſſe reſpective ſera toûjours la même, parce qu'ils ſe rencontrent dans le même intervalle de tems, le corps A arrivant auſſi-tôt au point E, avec la viteſſe AE, qu'au point B, avec la viteſſe AB, & le corps B arrivant auſſi-tôt en E avec la viteſſe BE, qu'en C avec la viteſſe BC; & ces deux corps arrivent auſſi dans le même tems à chacun de ces points, par les régles du mouvement local uniforme.

Cette Propoſition ſe prouve facilement par l'expérience, ſi ces corps ſont des boules de terre-glaiſe médiocrement molle, en les faiſant choquer avec de telles viteſſes propres qu'on voudra, la viteſſe reſpective demeurant toûjours la même, comme il a été enſeigné en la première Propoſition; car ces boules s'aplatirons toûjours de la même façon. Elle ſe prouve auſſi par les expériences que l'on peut faire dans un bateau qui va très-vîte ſur l'eau: car ſi l'on pouſſe quelque corps avec la même force, ſoit du côté où le bateau va, ſoit vers le côté oppoſé, ou de travers, il choquera toûjours de même force les corps qui ſont dans le même bateau à diſtances égales; ce qui procéde de ce que la viteſſe reſpective eſt toûjours la même, quoique la viteſſe propre du corps qui choque & de celui qui eſt choqué, ne ſoit pas toûjours la même, à cauſe du mouvement du bateau.

TROISIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION IV.

Si deux corps ſemblables & inégaux de même matière ſont mûs avec des viteſſes égales, l'effort du plus grand corps ſera plus grand que celui du moindre ſur les corps qu'ils rencontreront; & ſi deux corps ſemblables & égaux de même matière ſont mûs avec des viteſſes inégales, celui qui eſt mû avec la plus grande viteſſe, ſera auſſi le plus d'effort ſur les corps qu'il rencontrera, ſoit que le choc ſoit horiſontal, ou de bas en haut, ou d'autre ſorte.

Cet-

Cette Propoſition ſe prouve facilement par l'expérience; car ſi l'on jette une balle de plomb avec une grande force, elle entrera bien plus avant dans de la terre molle, que ſi on la jette avec une force médiocre; & ſi l'on jette avec une égale viteſſe deux boules de fer, dont l'une pèſe deux ou trois fois autant que l'autre, contre quelque corps pour le renverſer, ou pour le rompre, on verra toûjours que la plus peſante ſera un plus grand effet. On ſçait auſſi qu'un bâton qui eſt emporté par une eau courante, eſt bien plus facilement arrêté qu'une poutre qui eſt emportée par la même eau, avec la même viteſſe; & qu'une boule de bois roulant eſt plus facilement arrêtée, qu'une de fer auſſi groſſe roulant avec la même viteſſe.

On dira d'un corps qui va plus vîte qu'un autre qui lui eſt égal en peſanteur, ou qui eſt plus peſant & va d'une égale viteſſe, qu'il a une plus grande puiſſance de mouvement, ou une plus grande quantité de mouvement. On conſidère donc ici la quantité de mouvement comme un compoſé du poids de la viteſſe d'un corps, & pour en déterminer l'idée, on appellera le produit du poids d'un corps par ſa viteſſe, ſa quantité de mouvement: comme ſi un corps pèſe trois livres, & un autre deux livres, & que la viteſſe du premier ſoit quadruple de celle du ſecond, on dira que la quantité de mouvement du premier ſera douze, ſçavoir le produit de trois de poids par quatre de viteſſe, & celle du ſecond deux, qui eſt le produit de deux de poids par un de viteſſe. De même, ſi le poids du premier eſt au poids du ſecond comme trois à deux, & la viteſſe du ſecond à celle du premier, comme ſept à quatre, leurs quantitez de mouvement à l'égard l'une de l'autre ſeront dites, douze & quatorze, dont l'une eſt le produit du nombre qui exprime le poids du premier corps, ſçavoir trois, par quatre, qui exprime ſa viteſſe; & l'autre eſt le produit de deux, qui exprime le poids du ſecond, par ſept, qui exprime ſa viteſſe: d'où il s'enſuit que ſi l'on diviſe la quantité de mouvement d'un corps par le nombre qui marque ſon poids, le quotient ſera le nombre qui marquera ſa viteſſe.

Que ſi l'on veut repréſenter les poids & les viteſſes par des lignes, le rectangle de deux lignes, dont l'une marquera le poids, & l'autre la viteſſe d'un corps, à l'égard d'un autre corps, ſera dit la quantité de mouvement de ce corps.

Or par le poids d'un corps, on n'entend pas ici la vertu qui le fait mouvoir vers le centre de la terre; mais ſon volume avec une certaine ſolidité ou condenſation des parties de ſa matière, qui eſt vrai-ſemblablement la cauſe de ſa peſanteur, laquelle eſt plus ou moins grande à l'égard des autres corps, quand il a plus ou moins de volume, ou qu'il eſt plus ou moins condenſé; & l'on appellera toûjours la quantité de mouvement d'un corps, le produit de ſon poids par ſa viteſſe, ſoit qu'il aille de haut en bas, ou de bas en haut, ou horiſontalement, &c.

QUATRIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION V.

SI un corps en repos ſuſpendu eſt choqué horiſontalement par un autre corps plus peſant, il réſiſtera moins au mouvement; & le corps choquant recevra moins d'impreſſion par le choc, que ſi le corps en repos étoit également peſant: & plus le corps en repos ſera peſant, plus il réſiſtera au mouvement; pourvû que le corps choquant demeure toûjours le même, & qu'il rencontre toûjours l'autre avec la même viteſſe.

On connoîtra la vérité de cette Propoſition par l'expérience, en frappant d'une même viteſſe avec la main deux corps ſuſpendus inégaux en peſanteur, car on ſentira moins de douleur par la rencontre du corps moins peſant: & ſi l'on ſuſpend une boule de terre molle, & qu'on la laiſſe aller avec une certaine viteſſe contre une boule de bois en repos ſuſpendue de même, & qui ſoit deux fois plus peſante, on verra qu'elle la ſera mouvoir plus lentement, & qu'elle s'aplatira davantage par le choc, que lorſqu'elle en rencontrera une autre qui lui ſera égale en poids: & ſi on la fait choquer contre une autre boule deux fois moins peſante qu'elle, elle s'aplatira encore moins, mais elle la ſera aller plus vîte, pourvû qu'elle la rencontre toûjours directement avec une même viteſſe. Donc ſi un corps ſuſpendu eſt choqué par un autre, &c. ce qu'il falloit prouver par expérience.

Il eſt bon de remarquer que la réſiſtance de l'air contribue fort peu à ces effets, quand la viteſſe eſt médiocre, puiſqu'une boule de plomb de deux livres réſiſtera plus au mouvement d'une boule de terre molle, qu'une boule de bois d'une livre; quoique le volume de cette dernière étant plus grand, elle pouſſe plus d'air devant ſoi, & en entraîne plus après ſoi que l'autre. Ce n'eſt pas auſſi à cauſe du principe du mouvement vers le centre de la terre, qu'un corps plus peſant réſiſte plus au mouvement d'un autre corps, qu'un moins peſant, lorſqu'il eſt choqué horiſontalement; car ſon mouvement vers le centre n'eſt point empêché. Mais la véritable cauſe de cet effet eſt la même qui rend ce corps plus peſant, ſçavoir la plus grande quantité de ſa matière. Ainſi, s'il y a deux ou trois pintes d'eau dans un vaiſſeau, & une pinte ſeulement dans un autre, & qu'on jette en chacun de ces vaiſſeaux une égale quantité de fer embraſé, l'eau du dernier deviendra plus chaude que celle de l'autre, à cauſe qu'il y aura moins de matière à échauffer; & le fer ſera plûtôt refroidi par la plus grande quantité d'eau, que par la moindre.

On

On peut remarquer qu'un corps quoique peu peſant, réſiſte beaucoup à prendre une grande viteſſe tout à coup. On en voit l'expérience en ſuſpendant horiſontalement un couteau pointu; car ſi quelqu'un tenant à la main une aſſiette d'étain, la pouſſe ſans la lâcher, contre la pointe du couteau avec une grande force, ce couteau entrera dedans & la percera; ce qui n'arriveroit pas, ſi le couteau cédoit facilement au choc: & ſi on tire un mouſquet contre une giroüette, en ſorte que la balle la rencontre vers ſon milieu, elle la percera; parce qu'il eſt moins difficile d'en rompre & détacher quelques parties les unes des autres, que de la faire mouvoir toute entière avec une très-grande viteſſe tout à coup.

AVERTISSEMENT.

CE principe peut ſervir pour expliquer le deuxième, lorſque les poids ſont inégaux: car ſi c'eſt le plus grand corps qui choque le moindre en repos, ce dernier cédant moins difficilement que s'il étoit égal, diminue la force du coup; & ſi c'eſt le moindre qui choque, la grande réſiſtance du plus peſant fait que la force du coup eſt augmentée.

Or ſi on ſuppoſe que ces réſiſtances ſoient ſuivant la proportion des poids, on pourra juger que l'impreſſion mutuelle du coup produit par un corps de quatre livres, rencontrant une réſiſtance d'une livre, doit être égale à celle d'une livre, rencontrant une réſiſtance de quatre livres, & de même à l'égard des poids qui ſont en d'autres proportions.

CINQUIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION VI.

SI les quantitez de mouvement de deux corps ſont égales lorſqu'ils ſe choquent directement, ils s'arrêteront l'un l'autre, & demeureront ſans mouvement, s'ils s'atachent enſemble; mais ſi les deux quantitez de mouvement ſont inégales, ils ne demeureront pas en repos immédiatement après le choc.

Faites que la boule H de la machine décrite en la premiere Propoſition ſoit double de la boule G; & qu'elles ſe touchent lorſqu'elles ſeront en repos, ſans s'appuyer l'une contre l'autre. Eloignez la plus groſſe H de ſon point de repos par un arc de dix degrez, & la moindre G par un arc de vingt degrez ſelon la maniére qui y eſt enſeignée. Laiſſez-les aller en même tems, afin qu'elles ſe rencontrent lorſque leurs centres ſeront arrivés en leurs points de repos, auquel moment elles ſe choqueront directement avec des quantitez de mouvement égales, par TAB. I. Fig. 3.

ce qui a été dit en la 4e. Propoſition, ou ce qui eſt la même choſe, leurs viteſſes & leurs poids ſeront en raiſon réciproque immédiatement avant leur choc; alors vous les verrez toutes deux demeurer ſans mouvement. On obſervera toûjours la même choſe, ſi leurs poids & leurs éloignemens de leur point de repos ſont en d'autres raiſons réciproques; comme de trois à un, ou de trois à deux. Mais ſi l'on augmente un peu le poids ou la viteſſe d'une des boules, on verra qu'elle emportera l'autre un peu au delà de ſon point de repos. Donc ſi les quantitez de mouvement de deux corps, &c. ce qu'on s'étoit propoſé de prouver par expérience.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que ſi deux corps mols ſans reſſort ſe choquant directement perdent leur mouvement, leurs poids & leurs viteſſes étoient réciproques immédiatement avant le choc, c'eſt-à-dire, qu'elles avoient une égale quantité de mouvement.

AVERTISSEMENT.

CE principe d'expérience ou régle de la nature, & cette conſequence, ſont preſque la même choſe que ces principes de Méchanique: les corps dont les poids & les diſtances ſont réciproques en une balance, ſont équilibre; & s'ils ſont équilibre, leurs poids & leurs diſtances ſont réciproques. *Même ces derniers principes ſuivent en ordre de nature les deux autres, & en dependent: car la cauſe naturelle de l'équilibre de deux corps qui ont leurs poids & leurs diſtances réciproques, procéde de ce qu'ils ſont diſpoſés à ſe mouvoir avec des viteſſes réciproques à leurs poids; celui dont la diſtance eſt ſous-double, ne pouvant deſcendre, que l'autre qui eſt ſuppoſé peſer la moitié moins, ne s'eleve avec une viteſſe deux fois plus grande. Et de même qu'on appelle quantité de peſanteur la force d'un poids dans une diſpoſition à ſe mouvoir ſelon une certaine viteſſe à proportion du bras de la balance où il eſt atachè; on appelle ici quantité de mouvement, la force de ce poids, ſe mouvant effectivement ſelon cette viteſſe. Et comme un poids de ſix livres à une diſtance de deux pieds du centre de mouvement d'une balance, eſt dit avoir une même force de peſanteur qu'un poids de quatre livres à une diſtance de trois pieds; ainſi un poids de ſix livres avec deux degrez de viteſſe ſera dit avoir une même puiſſance de mouvement, ou une même quantité de mouvement, qu'un poids de quatre livres avec trois degrez de viteſſe. Mais pour faire connoître que la différence de diſtance du centre de mouvement d'une balance n'augmente pas de ſoi & immédiatement la force de peſanteur des poids; atachez un poids d'une livre à une diſtance de deux pieds de ce centre, & le ſoûtenez en mettant la main ſous la balance à l'endroit où eſt le poids, & enſuite au lieu de la livre, mettez-y un poids de trois livres, à la diſtance d'un de-*

demi pied; car en ce dernier cas, vous aurez la main chargée comme de trois livres; & au premier cas ſeulement comme d'une livre; quoi que ces deux poids étant mis de part & d'autre du centre de la balance ſelon ces diſtances, la livre emporte les trois livres. » *D'où il s'enſuit que ce principe de Méchanique,* les poids égaux en des diſtances inégales pèſent inégalement, *ſe doit entendre lors que ces poids ſont mis enſemble d'un côté & d'autre du centre de la balance; puiſque les forces de peſanteur qu'ils ont en ces diſtances différentes, procedent de ce qu'ils ſont diſpoſés à ſe mouvoir avec des viteſſes différentes. On peut comparer la viteſſe d'un corps à celle d'un autre, en les exprimant par des nombres qui dénotent leurs raiſons; comme ſi la viteſſe d'un corps eſt à celle d'un autre en la raiſon de ſix à onze, on dira que la viteſſe de l'un eſt de ſix degrez, & celle de l'autre d'onze degrez: même on peut les exprimer par le nombre des degrez des arcs de cercle qu'ils décriront dans les expériences qu'on fera avec les pendules de la machine décrite en la première Propoſition.*

PROPOSITION VII.

SI deux corps inégaux en peſanteur ſont mûs avec des viteſſes égales, leurs quantitez de mouvement ſeront l'une à l'autre en la raiſon de leurs poids.

Cela eſt évident: car ſi un corps A pèſe deux fois autant qu'un autre corps B, & que leurs viteſſes ſoient égales, A étant imaginé diviſé en deux poids égaux C & D, la quantité de mouvement de la moitié C ſera égale à celle du corps B, puiſqu'ils ont même poids & même viteſſe; & la quantité de mouvement de l'autre moitié D étant auſſi égale à celle du poids B, la quantité de mouvement de C & D enſemble, c'eſt-à-dire, celle du corps entier A, ſera double de celle du corps B. Cette Propoſition ſe prouve auſſi par ce qui a été dit en la Propoſition quatrième; car le produit du poids du corps A par ſa viteſſe, ſera double du produit du poids du corps B par la même viteſſe, & ces produits qui ſont entre eux comme les poids, ſont leurs quantitez de mouvement. On dira de même, ſi les poids de ces corps ſont en d'autres raiſons.

PROPOSITION VIII.

SI deux corps égaux en peſanteur ſont mûs avec des viteſſes inégales, leurs quantitez de mouvement ſeront entre elles comme leurs viteſſes.

Cette Propoſition ſe prouve de même que la précédente: car les produits des poids de ces corps, par leurs viteſſes, ſeront l'un à l'autre comme les viteſſes, & ces produits ſont leurs quantitez de mouvement par la Propoſition quatrième.

PRO-

PROPOSITION IX.

SI deux corps ont leurs poids & leurs viteſſes inégales, leurs quantitez de mouvement ſeront l'une à l'autre en la raiſon compoſée des poids & des viteſſes.

TAB. I. Fig. 6. Soit le poids du corps A plus grand que celui du corps B; & que le corps A ſoit mû avec la viteſſe C, & le corps B avec la viteſſe D. Suppoſons auſſi que le poids du premier ſoit au poids du ſecond, comme la ligne E à la ligne F. Or le rectangle des lignes C & E ſera la quantité de mouvement du corps A, & le rectangle des lignes D & F ſera la quantité de mouvement du corps B, à l'égard l'un de l'autre, par la Propoſition quatrième. Mais ces rectangles ſont l'un à l'autre en la raiſon compoſée de la ligne E à la ligne F, & de la ligne C à la ligne D. Donc les quantitez de mouvement de ces corps ſeront auſſi l'une à l'autre, en la raiſon compoſée de leurs poids & de leurs viteſſes; ce qu'on s'étoit propoſé de prouver.

SIXIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION X.

SI un corps mol ſans reſſort choque directement un autre corps mol & ſans reſſort, les deux enſemble, étant joints après le choc, iront de même part que le corps choquant, & la quantité de mouvement des deux enſemble ſera égale à la quantité de mouvement de ce corps avant le choc.

TAB. I. Fig. 3. Pour prouver cette Propoſition par l'expérience, ſervez-vous des deux boules en pendule de la machine décrite en la première Propoſition. Tirez la boule G, juſques à ce que ſon centre ſoit vis-à-vis du point X; & ſi les boules ſont d'un poids égal, prenez de l'autre côté un arc qui ſoit égal à la moitié de l'arc LX, obſervant ce qui

TAB. I. Fig. 5. a été dit en la première Propoſition. Faites mettre le point β du carton qui ſert d'équerre ſur la petite ligne qui marque ce dernier arc; alors ſi vous laiſſez aller la boule G, elle choquera directement la boule H qui eſt ſuppoſée en repos, & vous verrez aller les deux enſemble après le choc, & remonter du côté du point N, juſques à ce que le fil de ſuſpenſion de la boule H, ſoit tres-près de la ligne $\beta\gamma\delta$ du carton: car la réſiſtance de l'air empêche qu'il n'y aille préciſément; & s'il y alloit, ce ſeroit une marque que les deux boules enſemble immédiatement après le choc auroient eu une viteſſe plus grande que la moitié de celle de la boule G avant le choc, par les raiſons qui ont été citées en la première

mière Propoſition. Donc les deux boules enſemble auront commencé à remonter vers N avec une viteſſe moindre de moitié, que celle qu'avoit la boule G avant le choc. D'où il s'enſuit qu'après le choc la viteſſe des deux boules enſemble ſera à celle de la boule G avant le choc, réciproquement comme ſon poids, au poids des deux boules enſemble; donc la quantité de mouvement des deux boules enſemble après le choc ſera égale à celle de la boule G avant le choc. Que ſi la boule G a ſon poids double de celui de la boule H, & qu'on éleve la boule G juſqu'au quinzième degré, on verra remonter après le choc la boule H juſqu'au dixième degré; & par conſéquent la quantité de mouvement des deux boules enſemble après le choc ſera 30, produit de 3 de poids par 10 de viteſſe, qui eſt la même qu'avoit la ſeule boule G avant le choc. On verra les mêmes proportions, à quelque degré qu'on éleve la boule G, & quelques proportions qu'aient les poids des deux boules entre eux. Donc ſi un corps mol ſans reſſort &c. ce qu'il faloit prouver par expérience.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition que le mouvement d'un corps qui n'en rencontre point de contraire, ne ſe perd point; puiſque la quantité de mouvement qui eſt dans les deux boules jointes enſemble, eſt égale à celle qui étoit dans la ſeule boule G: il s'enſuit auſſi que pour trouver quelle doit être la viteſſe de deux corps mols joints après le choc, quelque viteſſe & quelque peſanteur qu'ait le corps qui donne le mouvement à l'autre, il faut diviſer ſa première quantité de mouvement par la ſomme des poids des deux corps; car le quotient ſera la viteſſe requiſe, puiſque cette dernière quantité de mouvement doit être égale à la première.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que ſi la viteſſe du corps qui ſe mouvoit ſeul, eſt exprimée par un nombre égal à la ſomme des poids des deux corps, leur viteſſe commune après le choc ſera exprimée par un nombre égal au poids de ce premier; parce que la multiplication & la diviſion ſe font par un même nombre.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soient les poids 5 onces & 2 onces; donc la viteſſe de celui qui étoit ſeul en mouvement, ſera 7, & ſa quantité de mouvement 35, ſi ſon poids eſt 5: or 35 étant diviſé par 7 donnera pour quotient le même nombre 5. Que ſi c'eſt le corps dont le poids eſt 2, qui ſe ſoit mû contre l'autre,

tre, ſa quantité de mouvement ſera 14, lequel nombre étant diviſé par 7 donnera le même nombre 2, & ainſi dans toutes les autres proportions.

AVERTISSEMENT.

POur bien entendre comme ſe fait le mouvement commun des deux boules G & H, il faut concevoir que la partie la plus avancée de la boule H, perd un peu de ſa viteſſe au moment qu'elle rencontre l'autre, qui en reçoit auſſi un peu en ſa partie la plus avancée. Mais les parties de la boule H, proches de celle qui a un peu perdu de ſa viteſſe, s'avancent alors plus vîte qu'elle, juſques à ce qu'elles touchent les parties de l'autre boule qui leur correſpondent, & les faſſent avancer avec elles, en perdant auſſi une partie de leur viteſſe; ce qui eſt cauſe de l'aplatiſſement de ces premières parties de chaque boule. Mais la partie oppoſée de la boule G, ne prend point de mouvement au commencement du choc, ou très-peu, & elle le reçoit & l'augmente ſucceſſivement à meſure qu'il y a davantage de parties de la boule H, qui touchent la boule G. Comme auſſi les parties de la boule H, oppoſée à celles qui touchent l'autre boule, ne perdent point, ou perdent très-peu de leur viteſſe à l'inſtant du choc, mais peu à peu à meſure que les deux boules s'aplatiſſent; car elles ne s'aplatiroient pas, ſi à l'inſtant du choc la boule H perdoit la moitié de ſa viteſſe en toutes ſes parties, & que l'autre la reçût; puiſqu'allant auſſi vîte l'une que l'autre, la boule H ne feroit plus aucune impreſſion ſur celle qui la précéderoit. Et enfin lorſque l'aplatiſſement entier s'acheve, la boule H toute entière n'a plus que la moitié de ſa premiére viteſſe, & l'autre en a reçû une égale à cette moitié en toutes ſes parties, & elles vont toutes deux enſemble avec cette viteſſe égale à la moitié de la premiére viteſſe de la boule H.

SEPTIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XI.

SI deux corps mols ſans reſſort vont de même part avec des viteſſes inégales, & que le plus vîte rencontre l'autre directement, ils auront enſemble après qu'ils ſeront joints, une quantité de mouvement égale à la ſomme des quantitez de mouvement des deux corps avant le choc.

TAB. I. Fig. 3. Cette Propoſition ſe prouve par l'expérience comme la précédente par le moïen de la machine décrite en la premiére Propoſition: car ſi on

on éleve, par exemple, la boule G juſques au vingt-quatrième degré, & la boule H juſques au huitième degré de même part, vers le point M, comptant les degrez de la première depuis le point L, & prenant avec l'ouverture d'un compas un arc de 8 degrez depuis le point I, juſques à quelque point de la circonférence L M; & qu'en ſuite on laiſſe aller les deux boules en même tems; elles ſe rencontreront lorſque leurs centres ſeront arrivés à leurs points de repos par la quatrième Suppoſition. Or ſi la boule G pèſe 8 onces, & l'autre 12, la proportion de leurs poids ſera comme de 2 à 3, & celle de leurs viteſſes comme de 3 à 1: & ſi l'on calcule leurs quantitez de mouvement par ces termes, celle de la boule G ſera 6, & celle de la boule H 3, & leur ſomme 9, laquelle diviſée par 5, ſomme des poids, donnera pour quotient $\frac{9}{5}$ dont la valeur réduite en degrez du cercle ſera 14 degrez 24 minutes, puiſque $\frac{9}{5}$ eſt à 14 degrez 24 minutes, comme 3 à 24, ou 1 à 8. Que ſi l'on veut compter les degrez des viteſſes par ces degrez de cercle 24 & 8, la quantité de mouvement de la boule G ſera 48, & celle de l'autre boule vingt-quatre, & leur ſomme 72, laquelle étant diviſée par 5, ſomme des poids, donnera le même quotient 14 degrez 24 minutes; ce qui ſera connoître que le fil de ſuſpenſion de la boule H doit remonter juſques à cette hauteur, & on le verra par l'expérience, en y appliquant le petit carton $\alpha\ \beta\ \delta$, comptant les degrez depuis le point I vers la lettre N: car on verra ce fil de la boule H aller tout contre le petit carton; & par conſéquent les 2 boules enſemble ſeront remontées par un arc de 14 degrez 24 minutes, lequel nombre étant multiplié par 5, nombre des poids, le produit ſera le même nombre 72 ci-deſſus, ſomme des quantitez de mouvement des deux boules avant le choc. On trouvera la même choſe, ſi l'on change en quelque ſorte qu'on voudra les poids & les viteſſes des boules qui ſe rencontrent directement allant de même part; ſçavoir qu'après qu'elles ſeront jointes enſemble elles auront une quantité de mouvement égale à la ſomme de celles qu'elles avoient avant le choc. Donc ſi deux corps mols ſans reſſort vont de même part, &c. ce qu'on s'étoit propoſé de prouver par expérience.

HUITIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XII.

SI deux corps mols ſans reſſort égaux ou inégaux ſe rencontrent directement, allant l'un contre l'autre avec des viteſſes égales ou inégales, & que leurs quantitez de mouvement ſoient inégales avant le choc, la moindre

quantité de mouvement ſe perdra entièrement ,, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps joints enſemble n'auront plus que la quantité de mouvement reſtante, c'eſt-à-dire, la différence des deux quantitez de mouvement avant le choc ; & cette différence, diviſée par la ſomme des poids, donnera la viteſſe commune des deux corps joints après le choc.

TAB. I. Fig. 3. Faites que les deux boules de terre-glaiſe G & H ſoient d'un poids égal, & les faites rencontrer avec des viteſſes inégales, comme il a été enſeigné en la premiere Propoſition, élevant la boule H juſques au 20e. degré vers N, & la boule G juſques au 10e. degré vers M, afin que la viteſſe de la boule H ſoit double de celle de l'autre boule avant le choc : alors vous les verrez aller enſemble après leur rencontre, juſques à ce que le fil de ſuſpenſion de la boule G ſoit remonté au cinquiéme degré ; ce qui doit arriver, ſi la quantité de mouvement de la boule G ſe perd, & que la boule H en perde autant par le choc : car ſi le poids de chaque boule eſt exprimé par l'unité, la quantité de mouvement de la boule H avant le choc ſera 20, & celle de la boule G 10, & par conſéquent il ne leur reſtera que 10 de quantité de mouvement après le choc : mais ce nombre eſt le produit de 5 de viteſſe commune, par 2, ſomme des poids, & eſt auſſi la différence des deux quantitez de mouvement avant le choc ; donc il ne leur reſtera que cette viteſſe de 5. Que ſi l'on éleve la boule G juſques au ſeiziéme degré, afin que ſa viteſſe avant le choc ſoit à celle de l'autre boule, comme 4 à 5, on verra que les deux boules après le choc, ne remonteront que juſques au dixieme degré vers M ; ce qui doit arriver, ſi la moindre quantité de mouvement ſe perd, & qu'il s'en perde autant de la plus grande : car ſi l'on exprime les viteſſes des boules par les nombres des degrez des arcs, la quantité de mouvement de la boule H, ſera 20, & celle de l'autre boule 16 ; & leur différence 4 étant diviſée par 2, ſomme des poids, donnera 2, pour leur viteſſe commune, lorſqu'elles ſeront jointes enſemble, par ce qui eſt dit à la fin de la Propoſition quatriéme. D'où il s'enſuit que la quantité de mouvement des deux boules jointes ne ſera que 4, ſçavoir la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc, de même que ſi la boule G étant en repos la boule H l'avoit choquée avec une viteſſe de 4 degrez.

Que ſi l'on augmente toûjours la proportion de la viteſſe de la boule G, à celle de la boule H, on verra que la viteſſe des deux enſemble après le choc diminuera toûjours, & qu'enfin lorſqu'on élévera la boule G à 20 degrez, le mouvement des deux boules ſe perdra entiérement, conformément à la Propoſition ſixiéme ; & dans toutes ces expériences, on verra toûjours que la quantité de mouvement des deux boules après le choc, ſera égale à la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc.

Soient maintenant les poids inégaux, & que le poids de la boule H, par exemple, ſoit quadruple du poids de la boule G ; faites-les rencontrer

trer avec des viteſſes égales de dix degrez chacune ; & vous verrez qu'elles iront enſemble avec une viteſſe de ſix degrez, c'eſt-à-dire, que le centre de la boule G ne s'élévera que juſques au ſixième degré. Ce qui doit arriver, ſi la quantité de mouvement de la boule G ſe perd, & qu'il s'en perde autant de l'autre ; car il ne lui reſtera qu'une quantité de mouvement de 30, qui étant diviſée par 5, ſomme des poids, donnera ſix degrez pour leur viteſſe commune.

Que ſi la boule G eſt de ſix onces de poids, & H de 8 onces, & qu'on laiſſe aller en même tems la boule H d'une hauteur de dix degrez, & la boule G d'une hauteur de 16 degrez, la quantité de mouvement de la boule G avant le choc ſera 96, produit de 16 de viteſſe par 6 de poids, & celle de la boule H 80, produit de 8 par 10. Or ſi la boule H perd ſa quantité de mouvement, & qu'il s'en perde autant de l'autre, il ne reſtera à la boule G que 16 de quantité de mouvement ; & ſi l'on diviſe 16 par 14, ſomme des poids, le quotient donnera $\frac{8}{7}$ pour la viteſſe commune des deux boules ; & par conſéquent elles ne devront remonter que par un arc d'un degré $\frac{1}{7}$, ce qu'on trouvera conforme à l'expérience ; & par conſéquent la quantité de mouvement des deux boules enſemble après le choc, ſera la différence de celles qu'elles avoient avant le choc. On trouvera la même choſe, quelque poids qu'ait chacune des boules, & quelques viteſſes propres qu'elles aient avant que de ſe rencontrer. Donc ſi deux corps mols ſans reſſort égaux ou inégaux, &c. ce qu'on s'étoit propoſé de prouver par expérience.

AVERTISSEMENT.

POur bien juger à quel degré remonteront les boules dans ces dernières expériences, il faut après l'avoir trouvé par le calcul, ſelon les régles ci-deſſus, planter perpendiculairement ſur la ligne qui marquera le degré, un petit ſtyle de fil de fer un peu moins long que la ligne γ β du carton, afin qu'il ne ſoit pas rencontré par le fil de ſuſpenſion de la boule en mouvement ; & on pourra voir aſſez exactement, ſi après le choc le premier fil remontera vis-a-vis de l'extrémité de ce petit fil de fer.

PROPOSITION XIII.

SI une ligne comme A B eſt diviſée au point C en raiſon réciproque des poids des corps A & B, & qu'étant prolongée directement de part & d'autre, on y prenne un point D, en ſorte que A D repréſente la viteſſe & la direction du corps A avant le choc, & B D celle du corps B, l'une & l'autre viteſſe ſuppoſée uniforme ſelon la première Suppoſition, & que D E ſoit priſe égale à C D ; les deux corps s'étant joints enſemble iront avec la viteſſe & la direction D E, s'ils ſont ſans reſſort. Car d'autant que ſe rencontrant au point C, avec les viteſſes TAB. I. Fig. 7.

A C, B C, ils demeureroient ſans mouvement par la Propoſition ſixième; le mouvement du corps A vers D ſera augmenté de la viteſſe C D, & le corps B diminuera ſa viteſſe contraire & oppoſée de la même viteſſe C D; ce qui eſt la même choſe, que ſi l'on ajoûtoit aux deux enſemble cette viteſſe C D, après qu'ils ſeroient demeurés ſans mouvement, s'étant rencontrés en C, & par conſéquent la viteſſe C D ou D E ſon égale, reſtera entière dans les deux corps joints après s'être rencontrés avec les viteſſes contraires A D, B D.

Que ſi le point D eſt le même que le point B, c'eſt-à-dire, ſi le corps A choque avec la viteſſe A B le corps B en repos, & qu'on prenne B G égale à B C; B G ſera la viteſſe commune des deux corps après le choc: car le corps A ajoûte à ſa viteſſe A B, la viteſſe C B, & augmente encore ſa quantité de mouvement du produit du poids de B par la viteſſe C B, puiſque cette quantité de mouvement lui étoit contraire le rencontrant au point C; & par conſéquent les deux enſemble auront pour quantité de mouvement le produit de la ſomme de leurs poids par la viteſſe C B ou B G. Donc ils iront enſemble apres le choc en B, avec la viteſſe B G.

Que ſi le point H dans la ligne A B prolongée eſt le même que le point D, c'eſt-à-dire, ſi ces corps ſe rencontrent au point H, A ſe mouvant avec la viteſſe A H, & B avec la viteſſe B H, & qu'on prenne H I égale à H C, H I ſera leur viteſſe commune après le choc: car la viteſſe du corps A ſera augmentée de la viteſſe C H, & celle du corps B ſera diminuée de la viteſſe contraire B C, & augmentée de la viteſſe B H de même part; ce qui eſt la même choſe, que ſi les deux boules étant en repos, on leur avoit donné la viteſſe C H, ou H I ſon égale. On trouvera par la même méthode la viteſſe commune de deux autres corps ſans reſſort tels qu'on voudra, après s'etre choqués, ſi leurs poids & leurs viteſſes propres avant le choc ſont connues.

Pour expliquer cette régle par les nombres. Suppoſons que le corps A dans le dernier exemple peſe quatre livres, & le corps B deux livres; la viteſſe A C, c'eſt-à-dire, la ligne A C, ſera 2, & B C 4. Or ſi B H eſt égale à 3, moitié de la ligne A B, A H viteſſe du corps A rencontrant B en H, ſera 9, & ſa quantité de mouvement 36; & la viteſſe B H étant 3, la quantité de mouvement du corps B ſera 6; & la ſomme de ces deux quantitez de mouvement ſera 42, qu'il faut ajoûter enſemble par la Propoſition onzième; & cette ſomme étant diviſée par 6, ſomme des poids, donnera 7 pour quotient, ſçavoir la ligne droite C H ou H I, qui ſera la viteſſe commune des deux corps après leur choc en H, conformément à la Propoſition onzième. Donc ſi une ligne comme A B eſt diviſée réciproquement, &c. ce qu'il faloit prouver.

NEU-

NEUVIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XIV.

S'Il y a un corps inébranlable à reſſort qui ait changé ſa figure, & ſe ſoit mis en reſſort par le choc d'un corps dur & inflexible en ſe reſtituant & reprenant ſa premiere figure, il redonnera à ce corps la même viteſſe qu'il avoit immédiatement avant le choc.

Ayez une corde à boyau, comme AB, tendue & atachée fermement aux deux points A & B de quelque petite machine; (on peut prendre pour cette machine une Trompette marine, ou quelque autre inſtrument à cordes) tirez cette corde AB par ſon milieu E, juſques à ce que ce milieu ſoit en D. Alors ſi vous la laiſſez aller, elle ne s'arrêtera pas en la ligne A E B, où elle étoit en repos; mais elle paſſera outre, & ce même point du milieu ira à fort peu près juſques en C, ſi EC eſt égale à ED; environ de la même ſorte que les poids des pendules remontent à peu près auſſi haut que le point d'où ils ſont deſcendus. Mais on ſuppoſe ici de même qu'on l'a ſuppoſé dans le mouvement des pendules & pour les mêmes raiſons, que le point E de la corde de boyau va préciſément juſques au point C. D'où il s'enſuit que lorſque le milieu de cette corde retourne du point C au point E, cette partie reprend la même viteſſe qu'elle y avoit acquiſe venant du point D, qui s'étoit diminuée peu à peu depuis le point E juſques au point C; & que par cette raiſon elle reprend à chaque point de la ligne EC, lorſqu'elle retourne en E, les mêmes viteſſes qu'elle avoit allant du point E en C. Or ſi on entend qu'un corps dur & léger aiant frappé cette corde en E, faſſe aller cette partie juſques en C, ſans la quitter; il eſt aiſé de concevoir que cette corde ſe reſtituant par ſon reſſort, ſa partie du milieu reprendra au point E la même viteſſe que lui avoit donné ce corps au commencement de ſon choc, qui étoit la même qu'il avoit. Donc ce corps accompagnant la corde à ſon retour depuis le point C juſques au point E, il reprendra en ce point ſa premiere viteſſe, avec laquelle il continuera à ſe mouvoir vers D, comme il eut fait vers C, s'il n'eût pas rencontré la corde. TAB. I. Fig. 8.

Pour connoître la vérité de cette Propoſition par l'expérience; ſuſpendez à un fil de trois ou quatre pieds de longueur une petite boule de jaſpe, ou de verre bien polie, ou même de plomb, l'y atachant avec de la cire d'Eſpagne ou autrement. Atachez l'autre bout du fil à quelque corps un peu peſant & plat, qu'on poſera ſur une table, laiſſant pen-

pendre la petite balle à côté de la table. Mettez enſuite vers les pieds de cette table, l'inſtrument où ſera la corde à boyau, & l'affermiſſez en ſorte qu'il ne puiſſe être ſenſiblement ébranlé par le choc de la petite balle, mais ſeulement la corde qu'on tiendra dans une ſituation horiſontale. Avancez ou reculez ſur la table le corps où eſt atachè le fil de ſuſpenſion, & mettez enfin la balle de maniére qu'étant en repos à côté de la corde, & à la même hauteur, elle la touche préciſément vers le point E ou à fort peu près. Alors ſi vous éloignez cette petite balle du côté du point D, juſques à un pied ou environ de diſtance de la corde A E B, & que vous la laiſſiez aller contre, en ſorte qu'elle la choque directement; vous verrez qu'elle la ſera plier du côté du point C, & la mettra en reſſort; & que cette corde retournant du côté du point D, repouſſera cette petite balle ſuſpendue juſques tout auprès du point d'où vous l'aurez laiſſé aller. D'où il eſt aiſé de conclure, qu'elle y retourneroit préciſément, & qu'elle reprendroit au point E la même viteſſe avec laquelle elle avoit frappé la corde, ſi l'air ne réſiſtoit point à ſon mouvement, ſi la corde ne frottoit point par ſes extrémitez au bois de l'inſtrument, s'il étoit parfaitement affermi & inébranlable, & ſi la boule frappoit la corde de maniére que ſon centre de peſanteur fût en la même ligne de direction que ſon point d'attouchement au moment du choc, ce qui arrive trés-rarement; car ſi on laiſſoit tomber la même boule de haut en bas ſur la même corde, on la verroit preſque toûjours remonter de travers.

TAB. I. Fig. 8.

On peut faire encore une expérience fort aiſée en poſant une raquette ſur un plancher uni, & l'y affermiſſant par quelques poids qu'on mettra ſur ſes bords; car ſi on laiſſe tomber d'une hauteur médiocre, comme de ſept ou huit pouces, une petite boule d'yvoire d'environ deux pouces de diamétre vers le milieu de cette raquette, elle remontera par la force du reſſort des cordes tendues, à la même hauteur, à deux ou trois lignes près.

Il eſt à propos de remarquer ici qu'un célébre Philoſophe moderne a revoqué en doute cette force du reſſort. Il a fondé ſa difficulté ſur une expérience aſſez facile, ſçavoir, que ſi on preſſe fortement avec la main contre le deſſus d'une table, ou contre un plancher, un ballon plein d'air pour le mettre en reſſort, il ne s'éleve point en haut, tant vîte qu'on puiſſe retirer la main.

Pour réſoudre ce doute, on ſoûtient que cette expérience eſt trompeuſe, parce que le haut du ballon s'élevant, ſuit la main, & même s'appuye contre elle ſur la fin de ſon reſſort; ce qui en arrête l'effet & amortit la viteſſe qu'il pourroit prendre de bas en haut. On connoîtra cette vérité par les expériences ſuivantes.

Ayez un cerceau fait avec de la baleine, de trois ou quatre lignes de largeur, d'environ deux lignes d'épaiſſeur, & de 15 ou 16 pouces de diamétre: preſſez-le fortement avec la main ſur un pavé bien uni, pour

lui

lui faire prendre une figure ovale; levez enſuite votre main le plus vîte que vous pourrez, il ne s'élévera qu'à environ trois ou quatre pouces: mais ſi vous le preſſez de même, tenant vos deux pouces joints d'un même côté ſur l'endroit le plus élevé, & que vous le laiſſiez enſuite échapper en gliſſant, de manière qu'il puiſſe s'élever perpendiculairement ſans rien rencontrer, vous verrez qu'il s'élévera à 12 ou 15 pieds; d'où il eſt aiſé de juger que la main le retient quand on la poſe deſſus.

A l'égard du ballon, il faut le placer ſur un banc de quatre ou cinq pouces de largeur, & avoir une bande de toile d'environ deux pouces de largeur, dont on joindra les deux bouts. On la poſera ſur le ballon, de manière qu'elle pende deçà & delà, & qu'elle enferme comme une ceinture le ballon & le ſiége du banc ſur lequel il eſt poſé.

Cette ceinture de toile doit deſcendre plus de vingt pouces au deſſous du ballon, & on ſe ſervira d'un petit bâton arrondi par les deux bouts en demi-ſphère qu'on poſera ſur le bas de la toile, on le fera paſſer un peu au delà de part & d'autre pour y pouvoir poſer les deux pouces; alors, ſi on le pouſſe peu à peu uniformément vers en-bas, pour faire deſcendre la bande & mettre le ballon en reſſort, en le preſſant avec beaucoup de force contre le banc, & qu'on le laiſſe échapper tout à coup, on verra que le ballon s'élévera à huit ou neuf pouces de hauteur emportant la bande de toile avec ſoi; ce qui ſuffira pour faire voir que c'eſt le reſſort qui le fait élever.

Que ſi on veut lui donner une plus grande force de reſſort, pour le faire aller à la hauteur d'un pied ou plus; il faut qu'un autre appuïe les deux mains avec le plus de force qu'il pourra ſur les pouces de celui qui fait deſcendre le petit bâton.

On pourra mettre un appui ferme vers l'endroit le plus bas où l'on fait deſcendre le petit bâton, afin que le tenant appuïé deſſus, on ſoit aſſûré qu'on ne lui donne point de mouvement vers en-bas, au momcut qu'on le laiſſe aller.

Maintenant il faut conſidérer qu'il n'y a point de corps, ou qu'il y en a fort peu qui n'aient quelque reſſort; car la cire même & la terre molle ont de l'air engagé dans leurs pores, qui leur donne une petite vertu de reſſort. Les balles dont on joue a la paume, la colle froide, quelques gommes, les ballons enflés &c. ont un reſſort viſible; & quoique les corps durs & fermes, comme les boules d'yvoire, de jaſpe, d'acier trempé &c. n'aient pas un reſſort viſible & apparent, on peut juger qu'ils en ont auſſi, puiſqu'ils ont des pores, & que par cette raiſon leurs parties peuvent s'approcher les unes des autres par violence, & reprendre enſuite leur première ſituation. La plûpart des métaux & des pierres rendent un ſon étant frappés; d'où il s'enſuit que leurs parties ont un friſſonnement & tremblement, & qu'elles s'approchent & s'éloignent un peu l'une de l'autre, & que par conſéquent ces corps ont reſſort. On voit auſſi par l'expérience qu'il y a des reſſorts lents &

mols, comme ceux des raquettes, & des ballons enflés; & d'autres qui ſont prompts & fermes, & qui ſe reſtituent très-ſoudainement, comme celui d'un arc d'acier fort court, ou d'un verre à boire.

TAB. I. Fig. 8. Pour concevoir plus aiſément l'action des reſſorts, il faut ſuppoſer un corps comme A B C D inébranlable, & qui ait une vertu de reſſort très-prompte & très-ferme en ſa partie convexe A E D, ſur lequel tombe directement au point E, ſelon la ligne F E, la boule F G E H ſuppoſée dure & inflexible, & que par la force du choc, la partie convexe A E D ſoit miſe en reſſort, comme juſques en A I D. Or d'autant que le corps A D a un reſſort prompt & très-ferme comme on l'a ſuppoſé, la partie E qui étoit venue en I, retournera en E en ſe reſtituant; & y étant elle aura repris, comme il a été dit de la corde à boyau, la même viteſſe qu'elle avoit reçûe par la boule G H à l'inſtant du choc, qui étoit égale à celle de cette boule immédiatement avant le choc: car les reſſorts dans le premier inſtant du choc font peu de réſiſtance, comme on le voit par expérience dans un arc, quand on commence à tirer la corde; & par conſéquent ils ôtent très-peu de la viteſſe du corps qui les rencontre en ce premier inſtant, & par cette raiſon l'on ne conſidère point ici cette réſiſtance, comme étant inſenſible; donc la boule G H ſuivant le mouvement de la partie E, reprendra au moment que la ligne courbe A E D aura repris ſa première ſituation, la même viteſſe qu'elle avoit immédiatement avant le choc, comme il a été dit ci-deſſus de la petite boule repouſſée par la corde à boyau. Le même effet doit arriver ſi la boule G H a un reſſort prompt & ferme, & que par la réſiſtance du corps A C, ſa partie touchante ſe fléchiſſe: car l'enfoncement qui ſera produit dans les deux corps par le choc, ſe reſtituant, ſera reprendre réciproquement à la boule G H la même viteſſe qu'elle avoit avant le choc, de même que ſi la ſeule convexité A E D s'étoit miſe en reſſort. Le même effet arriveroit encore, ſi la ſeule boule G H avoit reſſort, & que le corps A C fût inflexible; pourvû qu'il fût inébranlable: car quelque enfoncement qui ſe fit en la boule, elle reprendroit ſucceſſivement les mêmes degrez de viteſſe, en ſe reſtituant, qu'elle auroit eu, diminuant peu à peu ſon mouvement juſqu'au repos; & au dernier moment de ſa reſtituation entière en ſa première figure, elle reprendroit la même viteſſe qu'elle auroit eu avant le choc; d'où il s'enſuit que ſi les boules de verre, de jaſpe, d'yvoire, &c. ont un reſſort ferme, on en doit attendre des effets ſemblables.

L'expérience en eſt facile: car il ne faut que choiſir une groſſe enclume bien polie & un peu convexe en ſa partie ſupérieure, & laiſſer tomber deſſus, d'environ 12 ou 15 pouces de haut, une petite balle de verre ou de jaſpe bien ronde & bien polie, & on la verra remonter ſenſiblement auſſi haut que le point d'où on l'aura laiſſé tomber; ce qui ne peut procéder que de la vertu de ſon reſſort & de celui de l'enclume. Car ſi au lieu de l'enclume on ſe ſert d'une maſſe de plomb

à peu près ſemblable, & qu'on laiſſe tomber deſſus, de deux ou trois pieds de haut, une petite balle de même métail, elle ne remontera qu'à trois ou quatre lignes de hauteur; auſſi verra-t-on un petit aplatiſſement ou enfoncement dans l'un & l'autre de ces corps, qui fera connoître qu'ils n'ont preſque point de reſſort, puiſqu'ils ne reprennent point leur première figure; & que par conſéquent la boule de plomb ne peut être repouſſée qu'avec une très-petite viteſſe. Que ſi l'on objecte que les corps durs ne ſont pas flexibles, & qu'ils ne ſouffrent point d'enfoncement, il eſt facile de réſoudre cette objection, en faiſant voir les petits enfoncemens qui reſtent dans du fer, après avoir été choqué par un corps dur, quoique le fer ſoit plus dur que l'yvoire, & preſque auſſi dur que l'acier; & il ſeroit impoſſible qu'une boule de verre ou de terre cuite ſe caſſât, ſi elle ne changeoit de figure lorſqu'on la jette avec une grande force contre un autre corps dur: & parce qu'on voit que ces boules conſervent leur rondeur lorſqu'étant choquées elles ne ſe caſſent pas, il faut de néceſſité qu'elles reprennent exactement leur première figure par la vertu de leur reſſort, après s'être un peu enfoncées.

On peut encore remarquer que ſi on laiſſe tomber ſur une groſſe pierre plate & polie, une boule de terre-glaiſe médiocrement molle, de la hauteur de douze ou quinze pouces, y mettant un peu de papier ou de linge à l'endroit où elle doit toucher la pierre, afin qu'elle ne s'y atache pas, elle ne remontera point ou fort peu. Mais ſi on laiſſe tomber ſur la même pierre un ballon plein d'air bien preſſé, on verra la partie par laquelle il touche la pierre, s'aplatir de même que la boule de terre molle: mais cet enfoncement ſe reſtituant entiérement, il remontera bien haut; & il remonteroit encore plus haut, ſi l'air qui réſiſte beaucoup plus à un corps fort large & fort léger, qu'à un petit & fort peſant, n'arrêtoit pas une partie conſidérable de ſa viteſſe, tant en deſcendant qu'en remontant.

Pour prouver encore le reſſort des corps durs par une expérience aſſez convaincante, aïez une enclume fort dure & bien polie, & la frottez légérement vers le milieu avec un peu de graiſſe: eſſuyez-la enſuite avec la main, en ſorte qu'elle n'en ſoit qu'un peu ſalie: laiſſez tomber ſur cet endroit, de quatre pouces de haut, une boule d'yvoire d'un pouce & demi de largeur à peu près, & vous verrez ſur l'enclume une petite marque ronde d'environ une demi ligne de diamétre, que la différence de réflexion y fera paroître: mais ſi vous laiſſez tomber la boule de plus haut, la marque ſera plus large & paſſera même trois lignes de diamétre, ſi vous pouſſez la boule avec une grande force contre l'enclume; ce qui ne peut procéder que de ce que la boule s'aplatit davantage par un grand choc, & marque par conſéquent l'empreinte d'un plus grand eſpace de ſa circonférence: & parce qu'après ces expériences, on ne remarque aucun enfoncement ni dans l'enclume ni dans la

boule, il s'enſuit manifeſtement qu'elles reprennent leur première figure; & que deux boules à reſſort ferme qui ſe choquent, doivent s'aplatir un peu par le choc & reprendre enſuite leur première rondeur.

De toutes leſquelles raiſons & expériences on doit conclure que la plûpart de corps durs, comme l'acier, le marbre, le verre, l'yvoire, le jaſpe, &c. ont une vertu de reſſort prompte & ferme; & l'on en doit attendre les mêmes effets que de la corde à boyau frappée par la petite boule: & ce qui augmente encore la certitude de cette concluſion, eſt, que ſi on la prend pour hypothèſe, on peut expliquer facilement tous les mouvemens qui arrivent à ces corps durs, après qu'ils ſe ſont choqués en quelque manière que ce ſoit, comme on le pourra voir dans les Propoſitions ſuivantes, dont les démonſtrations s'accordent parfaitement avec les expériences; au lieu que ſi l'on ſuppoſe que les corps durs ſont inflexibles, il eſt impoſſible d'expliquer leurs mouvemens après le choc quand leurs poids ſont inégaux, & les apparences ne conviennent aucunement à cette hypothèſe.

AVERTISSEMENT.

Puiſque c'eſt le ſeul reſſort qui donne le mouvement de réflexion, il eſt aiſé de juger que s'il y avoit quelques corps inflexibles qui ſe rencontraſſent directement, leurs mouvemens après le choc ſuivroient les mêmes loix que les boules molles ſans reſſort, & que lorſqu'un corps inflexible en choqueroit un autre inflexible & inébranlable, il demeureroit ſans mouvement, & ne retourneroit point en arrière; puiſqu'il n'auroit aucune cauſe nouvelle de mouvement de ce côté-là. Et l'on voit par l'expérience qu'il eſt bien plus facile d'arrêter une boule qui roule, & de lui faire perdre ſon mouvement, que de la repouſſer en arrière avec la même viteſſe; ce qui procéde de ce qu'outre la force qu'il faut pour l'arrêter, il en faut une autre pour lui redonner ſa première viteſſe en arrière.

On appellera le mouvement des corps qui eſt produit par leur reſſort, mouvement de reſſort, ou mouvement de réflexion; & celui qui ne dépend pas du reſſort, mouvement ſimple ou premier mouvement.

L'on entend ici par les corps à reſſort, ceux qui ont un reſſort parfait, qui leur fait reprendre exactement leur première figure.

On ſuppoſe auſſi pour la facilité des démonſtrations, que les boules à reſſort reprendroient préciſément par leur mouvement de reſſort, la même viteſſe avec laquelle elles auroient choqué un corps à reſſort dur & inébranlable, & l'on fait abſtraction de la réſiſtance de l'air & des autres empêchemens. On ſuppoſe auſſi que les boules ſont de même matière, ou du moins que leurs reſſorts ſont également prompts & fermes; & quand on dit qu'elles ſont égales, on entend qu'elles ſont de même volume & de même poids.

PRO-

PROPOSITION XV.

SI deux corps à reſſort ſe choquent directement avec des viteſſes réciproques à leur poids, chacun de ces corps retournera en arrière avec ſa première viteſſe.

Soient premièrement A & B deux ballons égaux, où l'air ſoit également preſſé, & qu'ils ſe rencontrent avec des viteſſes égales AC, BC; je dis qu'ils ſe réfléchiront avec les mêmes viteſſes: car par la Propoſition ſixième leur mouvement ſimple ſe doit perdre entièrement, & il ne ſe répareroit point, s'ils n'avoient point de reſſort. Mais les ballons s'étant choqués chacun avec la même force, & ne cédant point l'un à l'autre, leur choc ſera le même effet que ſi chacun d'eux avoit rencontré un corps inflexible & inébranlable, & par conſéquent ils s'enfonceront l'un l'autre, & s'aplatiront de même. Mais en reprenant leur première figure par le reſſort, ils reprendront au moment de leur reſtitution entière, la même viteſſe qu'ils avoient avant le choc par la Propoſition précédente. Donc chacun d'eux retournera en arrière avec la même viteſſe qu'il avoit avant le choc. La même choſe arrivera à des boules de jaſpe, de verre, d'yvoire, ou d'autre matière aiant un reſſort prompt & ferme, par les mêmes raiſons. TAB. I. Fig. 10.

Soient maintenant deux boules à reſſort inégales en poids A & B, & que la ligne AB étant diviſée inégalement au point C, AC ſoit la viteſſe de la boule A, & BC celle de la boule B, & que réciproquement BC repréſente le poids de la boule A, & AC celui de l'autre boule; il eſt évident par la ſixième Propoſition, que ſi elles ſe rencontroient avec ces viteſſes contraires, leur mouvement ſimple ſe perdroit: mais par les mêmes raiſons ci-deſſus, elles ſe mettront en reſſort, comme ſi elles avoient rencontré des corps inflexibles & inébranlables, & faiſant encore une eſpéce d'équilibre entre elles en prenant des viteſſes réciproques à leurs poids, chacune retournera en arrière avec ſa première viteſſe. Donc ſi deux corps à reſſort, &c. ce qu'il faloit prouver. TAB. I. Fig. 11.

L'expérience s'en fera facilement avec la machine décrite en la première Propoſition, ſi on ſe ſert de boules d'yvoire au lieu de celles de terre-glaiſe. Car ſi la boule H eſt double de la boule G, & qu'on mette la boule G à une diſtance de ſeize degrez du point L, & l'autre à une diſtance de huit degrez du point I; lorſqu'on les laiſſera aller l'une contre l'autre, on les verra remonter après leur rencontre juſques auprés des points d'où elles auront commencé leur chûte; & par conſéquent elles auront repris après le choc, les mêmes viteſſes qu'elles avoient avant le choc. Et ſi la boule H eſt triple de la boule G, & qu'on mette la boule G à une diſtance de douze degrez du point L, & l'autre à une diſtance de quatre degrez du point I; on verra remonter la TAB. I. Fig. 3.

boule H à quatre degrez, & la boule G à douze degrez, à fort peu près.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition & de la précédente, que deux corps égaux ou inégaux étant preſſés l'un contre l'autre & mis en reſſort par quelque cauſe que ce ſoit, ſi la preſſion ceſſe tout à coup, ils ſe repouſſeront l'un l'autre par leurs reſſorts, & en ſe repouſſant, chacun d'eux prendra une égale quantité de mouvement. Car on a fait voir que le mouvement ſimple des boules A & B ſe perd entièrement, & que celui qu'elles reprennent, ne vient que de leur reſſort, par lequel elles ſe repouſſent & reprennent leurs premières viteſſes, qui étoient en raiſon réciproque de leurs poids: & par conſéquent d'autres boules étant preſſées & miſes en reſſort par quelque autre cauſe, prendront auſſi en ſe ſéparant des viteſſes qui ſeront l'une à l'autre en raiſon réciproque de leurs poids, ou ce qui eſt le même, chacune d'elles prendra une égale quantité de mouvement. Ce qu'on peut juger véritable, même ſans avoir recours à l'expérience; car ſi les boules ſont égales en poids, elles doivent réſiſter & ſe repouſſer de même force; & ſi elles ſont inégales, la plus groſſe doit plus réſiſter au mouvement que la moindre par la Propoſition cinquieme, & il eſt très-vrai-ſemblable que ce doit être ſelon la proportion des poids: mais l'expérience faiſant voir cette proportion dans toutes ſortes d'inégalitez de boules de même matière à reſſort, on doit recevoir cette Conſéquence pour un principe d'expérience auſſi certain que les précédens.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que deux corps à reſſort qui ſe ſont rencontrés directement, partagent par le mouvement de reſſort la viteſſe reſpective de leur choc, ſelon la raiſon réciproque de leurs poids, quelques viteſſes propres qu'ils aient eu avant le choc. Car ſi les boules A & B ſe rencontrent en quelque autre point de la ligne A B, comme D, avec les viteſſes propres A D, B D; leur viteſſe reſpective ſera la même, que lorſqu'elles ſe choquent au point C, par la 3e. Définition.

TAB. I. Fig. 11.

Mais par la troiſième Propoſition, l'impreſſion du reſſort qu'elles feront l'une ſur l'autre, ſera la même, & par conſéquent elles prendront une force de reſſort auſſi prompte & auſſi ferme. Or quand elles ſe rencontrent en C, elles partagent leur viteſſe reſpective A B ſelon la proportion réciproque de leurs poids, puiſque la boule A prend la viteſſe A C, & B la viteſſe B C. Donc ſe rencontrant au point D, elles partageront de même leur viteſſe reſpective, qui eſt la même que celle avec laquelle elles ſe rencontrent au point C, & ce partage ſe fera indépendamment de leur mouvement ſimple, quel qu'il puiſſe être.

La

La même choſe arrivera en quelque autre point qu'elles ſe rencontrent avec la même viteſſe reſpective, ſoit en A, B ſe mouvant ſeule, ou en B, A ſe mouvant ſeule, ou même au dehors de la ligne A B, comme en E ou F; ce qu'il faloit prouver.

TROISIÈME CONSÉQUENCE.

Il ſuit auſſi de cette Propoſition & de la dixiéme, qu'il n'y a point de corps entièrement inébranlable de quelque grandeur & de quelque peſanteuf qu'il puiſſe être; & on ne s'eſt ſervi de l'idée d'inébranlable que pour faciliter l'explication de quelques Propoſitions.

QUATRIÈME CONSÉQUENCE.

Il ſuit encore de cette quinziéme Propoſition, que ſi on augmente le poids A ſucceſſivement, & qu'on veuille faire choquer les boules avec des quantitez de mouvement égales entre elles, ſans changer la viteſſe reſpective; le point C s'approchera de plus en plus du point A, & les quantitez de mouvement ſeront augmentées, auſſi bien que la viteſſe de la boule B. Par exemple, ſi les boules ſont égales & que la ligne A B ſoit diviſée en 24 parties, A C ſera 12 & B C 12; & la ſomme de leurs quantitez de mouvement devant & après le choc ſera 24: mais ſi la boule A eſt trois fois plus peſante que la boule B, A C ſera 6 & B C 18. D'où il arrivera que ces boules s'étant choquées avec des viteſſes réciproques à leurs poids au point C, la boule A prendra 6 degrez de viteſſe en arrière, & la boule B 18, & la ſomme de leurs quantitez de mouvement ſera 36; au lieu que quand les boules ſont égales, cette ſomme n'eſt que 24, & la viteſſe de la boule B n'eſt que 12.

Que ſi l'on veut que les quantitez de mouvement demeurent les mêmes, en augmentant ſucceſſivement le poids de la boule A, la viteſſe reſpective diminuera, mais la boule B aura toûjours la même viteſſe en arrière; comme ſi les boules ſont égales, & leurs viteſſes égales de 12 chacune, leur viteſſe reſpective ſera 24, & la ſomme de leurs quantitez de mouvement devant & après le choc ſera 24. Que ſi la boule A eſt trois fois plus péſante que la boule B, A C ſera 4 & B C 12, la viteſſe reſpective ne ſera plus que 16, la viteſſe de la boule B en arrière ſera encore 12, & la ſomme des quantitez de mouvement des deux boules ſera toûjours 24 devant & après le choc.

Que ſi la boule A pèſe douze fois autant que la boule B, A C ſera l'unité & B C 12, & après le choc la viteſſe de la boule B ſera encore 12, la viteſſe reſpective ne ſera plus que 13, & la ſomme des quantitez de mouvement ſera toûjours 24.

Par ces exemples on voit, qu'en ce ſecond cas la viteſſe de la boule B demeure toûjours la même après le choc, quoi qu'on augmente ſucceſſive-

ceſſivement le poids de la boule A ; mais que dans le premier cas, la viteſſe de la boule B en arrière devient ſucceſſivement plus grande, ſi la viteſſe reſpective demeurant la même, on augmente ſucceſſivement la boule A : & on trouvera ces régles conformes à toutes les expériences qu'on en pourra faire, ſi on ôte de ces meſures environ un douzième à cauſe de la réſiſtance de l'air, de l'imperfection du reſſort, & de quelques autres empêchemens.

Quelques uns pourroient objecter que des boules inégales s'étant miſes en reſſort, elles ne prennent pas une égale quantité de mouvement de part & d'autre par la vertu du reſſort, mais qu'elles ſuivent d'autres régles : par exemple, que les quantitez de mouvement que prennent les boules inégales après le choc, ſont entre elles comme leurs poids ; ou bien qu'elles ſont entre elles ſelon la raiſon réciproque de leurs poids.

Pour détruire ces objections, on peut ſoûtenir que la régle qui eſt établie dans la première Conſéquence de cette Propoſition 15e eſt plus vrai-ſemblable qu'aucune de ces deux autres, puiſque le reſſort eſt diſpoſé à faire un effort égal de part & d'autre, & qu'il eſt également facile de repouſſer, par exemple, un poids d'une livre avec trois degrez de viteſſe, qu'un poids de trois livres avec un degré de viteſſe ; mais ſi on ne ſe contente point de cette vrai-ſemblance, il faut avoir recours à l'expérience. Or ſi la régle de la nature étoit que les boules à reſſort après s'être arrêtées par le choc dûſſent retourner en arrière avec des quantitez de mouvemens réciproques à leurs poids, il arriveroit qu'une boule de trois livres & une d'une livre s'étant rencontrées, la première aiant une viteſſe de quatre degrez & l'autre une viteſſe de douze degrez, la ſomme de leurs quantitez de mouvement ſeroit 24, & que la petite prenant les trois quarts de cette ſomme ſuivant cette régle, retourneroit en arrière avec 18 degrez de viteſſe, & la groſſe avec deux degrez ſeulement ; car par ce moïen la groſſe auroit 6 de quantité de mouvement, & la petite trois fois autant, ſçavoir 18, & par conſéquent elle auroit 18 de viteſſe, ce qui eſt manifeſtement contre l'expérience, puiſque la boule A de trois onces étant élevée à quatre degrez dans la machine de la Propoſition 3e, & la petite B d'une once à 12 degrez, la groſſe après le choc retournera à plus de 3 degrez & demi en arrière, & la petite à 11 degrez ſeulement.

Que ſi l'autre régle étoit véritable, les deux boules devroient remonter après le choc auſſi haut l'une que l'autre, ſçavoir à 6 degrez chacune, afin que la groſſe eût 18 de quantité de mouvement, & la petite 6 qui eſt le tiers de 18, ce qui eſt encore très-éloigné de ce que l'expérience fait voir. D'où il s'enſuit que ces régles ſont très-fauſſes & qu'on peut les propoſer pour des loix de la nature ſans une extrême témérité

On peut emploïer ces raiſonnemens pour expliquer le recul des canons & des autres machines à balles. Car, par exemple, ſi l'on a un petit mortier chargé d'une balle dont le poids ſoit huit fois moindre que ce-

celui du mortier, & qu'on le place horiſontalement, en ſorte que rien n'empêche ſon recul, on doit croire que la poudre étant enflammée ſera par le reſſort de ſa flamme le même effet ſur le mortier & ſur la balle que le reſſort fait ſur deux boules inégales; c'eſt-à-dire, que les viteſſes de ces deux corps en ſe ſéparant ſeront en raiſon réciproque de leurs poids, & que la balle ira avec une viteſſe huit fois plus grande que celle avec laquelle le mortier reculera. Le même effet ſe fera dans les canons; mais ſi on augmente ſucceſſivement leurs poids, le boulet demeurant le même, il prendra ſucceſſivement de plus grandes viteſſes, & ne ſuivra pas la régle expliquée dans le 2e. cas de la 4e. Conſéquence de cette Propoſition 15e. Cette différence procéde de ce que le choc des boules d'yvoire ou d'autres matiéres à reſſort ferme, ne les fait enfoncer que bien peu, comme d'un quart de ligne ou d'une demi ligne; & qu'elles ſe repouſſent trés-ſoudainement, ſans que leur reſſort acquiére aucune nouvelle force. Mais dans les canons la force du reſſort de la flamme s'augmente lorſqu'il s'y allume davantage de poudre, & l'accélération de la viteſſe du boulet continue à meſure que l'eſpace qu'il parcourt pendant qu'il eſt dans le canon, eſt plus grand; ce qui augmente néceſſairement ſa viteſſe: on peut expliquer cet effet en la maniére ſuivante.

On ſuppoſe que la poudre s'allume ſucceſſivement dans le canon, & que dés qu'il y en a un peu d'allumée, le boulet commence à ſe mouvoir, s'il peut couler librement. Soit donc AB l'intérieur du canon, AC l'eſpace qu'occupe la poudre, D le centre du boulet. Or ſi on ſuppoſe que le canon & le boulet ſoient d'un poids égal, il eſt évident par la premiére Conſéquence de la Propoſition quinziéme, qu'une partie ſuffiſante de la poudre AC étant enflammée & miſe en reſſort, elle les pouſſera également de part & d'autre, & que ſi DB eſt diviſée également en E, l'extrémité B du canon reculera de la longueur BE; & ſi E eſt un point immobile, également éloigné des points D & B, le point B & le centre du boulet arriveront en même tems à ce point E, & le boulet ſortant alors hors du canon, ſa viteſſe ne ſera plus accélérée, du moins conſidérablement. Mais ſi le canon péſe 50 fois plus que le boulet, il arrivera que lorſque le boulet ſera arrivé au point E, le point B ne ſera retourné en arriére que juſques à un point comme G, & par conſéquent la flamme de la poudre qui continuera de s'allumer, ſe joignant à la premiére, augmentera la force du reſſort, & pouſſera le boulet avec plus de viteſſe, & continuera à l'accélérer de plus en plus, pendant qu'il parcourra encore dans le canon un eſpace égal à EH, ſi l'extrémité du canon pendant ce même tems arrive en reculant juſques à ce point H. TAB. II. FIG. XVI.

Que ſi le canon péſe 100 fois davantage que le boulet, il pourra ne reculer que de l'eſpace BG, pendant que le boulet parcourra l'eſpace DG, & cet eſpace étant plus grand que EH, la viteſſe du boulet ſe-

ra encore augmentée, & celle du canon auſſi; & dans tous ces cas, ces viteſſes ſeront toûjours ſelon la raiſon réciproque des poids: & enfin ſi le canon eſt appuïé contre un corps ſenſiblement inébranlable, le boulet parcourra ſenſiblement tout l'eſpace DB, & par conſéquent il s'allumera plus de poudre, & l'accélération de la viteſſe du boulet ſe faiſant dans un plus grand eſpace, par une égale ou plus grande force de reſſort, il ira encore plus loin.

Il eſt aiſé de juger que cette augmentation de viteſſe a un terme qu'elle ne peut paſſer, quoiqu'on augmente la longueur du canon. Car ſuppoſé que le canon eût 30 pieds de longueur & que toute la poudre fût allumée au moment que le boulet ſortiroit, la viteſſe diminueroit néceſſairement, ſi le canon avoit 80 pieds de longueur: car lorſque la flamme de toute la poudre occuperoit 60 pieds, ſa condenſation & ſon reſſort ſeroient moindres que lorſqu'elle n'occupoit que 30 pieds, & par conſéquent elle n'auroit plus tant de force pour pouſſer le boulet, & ceſſeroit d'accélérer ſon mouvement; d'où il s'enſuit que le frottement qu'il feroit contre le métail du canon, dans l'eſpace des 20 pieds reſtans, retardant encore ſa viteſſe conſidérablement, il n'iroit pas ſi vîte au ſortir du canon de 80 pieds, que lorſque ſa longueur ſeroit ſeulement de 30 pieds.

On a fait l'expérience de la proportion réciproque des poids & des viteſſes des canons & des boulets en la manière ſuivante. On ſuſpendit un canon de piſtolet vers ſes extrémitez avec deux petits filets d'un pied de longueur qu'on atacha à un plus grand de 33 pieds de hauteur. On ſuſpendit de même & à même hauteur un petit cylindre de fer; les filets de ſuſpenſion etoient à un pied de diſtance l'un de l'autre: & après avoir chargé le canon d'un peu de poudre peſant environ 12 grains de blé, on la preſſa avec du papier, & on mit encore ſur le papier un petit bâton de bois fort léger, & enſuite au lieu de balle on fit entrer le petit cylindre de fer dans le canon juſques à ce qu'il touchât le bâton; le canon peſoit 6 fois $\frac{1}{2}$ autant que le cylindre de fer avec le bâton & le papier, & le tout étant en une ſituation horiſontale on mit le feu à la poudre; le canon recula juſques à 8 pieds' & le cylindre de fer s'éleva à une circonférence de cercle d'environ 45 pieds, le produit de 8 par $6\frac{1}{2}$ eſt 53 à peu près, & ſelon la régle de la raiſon réciproque des poids & des viteſſes, le cylindre devoit s'élever à 53 pieds: on atribua les 8 pieds de différence à la réſiſtance de l'air; car aiant éloigné le même cylindre à 20 pieds de ſon point de repos, & l'aiant laiſſé aller, il ne paſſa que de 16 pieds au-delà de ce point, au lieu que le canon aiant été élevé de même il alla juſques à 19 pieds. On fit une autre expérience, où le canon n'alla qu'à 4 pieds & demi, aiant été moins chargé de poudre, & le cylindre de fer à 26 pieds; il devoit aller à 30 pieds ſelon la régle, ſans la réſiſtance de l'air: mais ſi on faiſoit le calcul ſelon l'hypothèſe que le reſſort doit donner des quantitez de mouvement

ment ſelon la raiſon réciproque des poids, il eût dû aller à 200 pieds, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air ; car le canon aiant reculé avec 30 de quantité de mouvement, celle du cylindre auroit dû être le produit de 30 par $6\frac{1}{2}$; ce qui eſt bien éloigné de la quantité de mouvement de $26\frac{1}{2}$ qu'il prit, & qui fait voir manifeſtement l'abſurdité de cette hypothèſe.

On décrivit enſuite contre un mur deux quarts de cercle comme ceux de la figure 3e; ils avoient 10 piéds de rayon : l'éloignement des fils de ſuſpenſion étoit d'environ cinq pouces : on ſe ſervit d'un canon dont le calibre étoit fort petit ; mais il étoit chargé de plomb en dehors, en ſorte qu'il peſoit cinq fois autant que le petit cylindre de plomb qui ſervoit de balle, dont le poids étoit de 3 onces. La poudre qu'on mettoit dans le canon n'étoit que de la peſanteur de trois grains de blé.

Voici une table des expériences qu'on fit

Recul du canon.	*Élévation du cylindre.*
9 degrez $\frac{1}{2}$	47 degrez
5 degrez $\frac{1}{2}$	26 degrez
16 degrez $\frac{1}{2}$	82 degrez
13 degrez $\frac{1}{2}$	67 degrez
8 degrez	40 degrez $\frac{1}{2}$

Toutes ces expériences ſe rapportent à fort peu près à la proportion réciproque des poids & des viteſſes. Mais le petit cylindre devoit toûjours aller un peu moins haut, ſi les arcs étoient préciſément comme les viteſſes, à cauſe que la réſiſtance de l'air devoit toûjours diminuer le nombre des degrez. Mais les grands arcs ſont toûjours plus grands, que ſelon la proportion des viteſſes, comme au ſecond exemple le ſinus verſe de 5 degrez $\frac{1}{2}$ eſt 420, lequel multiplié par 25, quarré de 5, qui eſt la raiſon des poids, donne 10500 ſinus verſe de 26 degrez $\frac{1}{2}$ à peu près, & non de $26\frac{1}{4}$, nombre quintuple de $5\frac{1}{4}$; & cette diminution d'un demi degré doit être atribuée à la réſiſtance de l'air. On connoîtra par un ſemblable calcul que dans le 3e. exemple le produit de 3995 ſinus verſe de $16\frac{1}{4}$ par 25 eſt 99875 ſinus verſe de 89 degrez 55 minutes, & ſans la réſiſtance de l'air le petit cylindre ſe ſeroit élevé à cette hauteur à peu près ; mais cette réſiſtance retardant beaucoup les grandes élévations, il ne s'éleva qu'à environ 82 degrez. Or quoiqu'un canon ne ſoit chargé que de poudre, il ne laiſſera pas de reculer ; parce que l'air s'oppoſant à la viteſſe de la flamme qui ſort, elle ſe ſerre & ſe met en reſſort, & elle ſe ſert auſſi du reſſort de l'air comme d'un appui, pour repouſſer le canon en arriére, de la méme ſorte à peu près qu'une rame s'appuïe contre l'eau pour faire avancer un bâteau. On voit un ſemblable effet dans les fuſées, dont la flamme choquant l'air avec

impétuosité, donne un mouvement en arrière au corps de la fusée ; & si l'on suspend un vaisseau cylindrique plein d'eau, où l'on ait ajusté un peu plus haut que la base un petit tuïau oblique, l'eau qui jaillira par ce petit tuïau, donnera un mouvement circulaire assez vîte à ce vaisseau par le choc de l'air, ou par le choc de l'eau, si on le met dans un vaisseau plein d'eau sans qu'il touche au fond.

PROPOSITION XVI.

SI deux corps à ressort sont égaux, & que l'un choque directement l'autre en repos ; ce dernier prendra la vitesse entière de l'autre après le choc, & le fera rester sans mouvement.

TAB. I. Fig. 10. Soient deux ballons égaux A & B, & que le ballon A choque l'autre en B avec quelque vitesse qu'on voudra, qu'on appellera de 4 degrez. Je dis que le ballon A demeurera en repos après le choc, & que l'autre prendra la même vitesse de 4 degrez ; car par la Proposition 10e. ces ballons, après le choc & sur la fin de leur aplatissement, prendroient ensemble une vitesse de 2 degrez par le mouvement simple. Mais par la 3e. Proposition, la force du choc en B est égale à celle qui se fait en C par les 2 corps mûs l'un contre l'autre avec des vitesses égales. Donc ils se mettront en ressort de même, & par la seconde Conséquence de la précédente, ces ballons partageront également la vitesse respective qui a produit le ressort, laquelle étant de quatre degrez comme nous l'avons supposée, chacun en prendra deux degrez. Donc le ballon A devant s'avancer avec une vitesse de deux degrez par le mouvement simple, & retourner en arrière avec une vitesse de deux degrez par le mouvement de ressort ; l'un de ces mouvemens détruira l'autre par la seconde Proposition, & le ballon A demeurera en repos : mais le ballon B s'avançant avec une vitesse de deux degrez par le mouvement simple, & prenant encore une vitesse de deux degrez de même part par le mouvement de ressort, il aura après le choc une vitesse de quatre degrez par la seconde Proposition, sçavoir la vitesse entière du ballon A avant le choc. La même chose arrivera aux boules à ressort ferme. Donc si un corps à ressort, &c. ce qu'il faloit prouver.

CONSÉQUENCE.

Il s'ensuit qu'un corps à ressort choquant directement un autre corps à ressort moindre en poids, ils s'avanceront tous deux après le choc ; & que si le corps choqué est le plus pesant, le corps choquant retournera en arrière. Car au premier cas, celui qui choque, prendra plus que la moitié de sa vitesse première par le mouvement simple, par la dixième Proposition : & par la quinzième, ou ses Conséquences, il pren-

prendra moins que la moitié de la même viteſſe, retournant en arrière par le mouvement de reſſort. Donc cette dernière viteſſe ne détruira pas l'autre entièrement. Le ſecond cas ſe prouvera facilement par les mêmes Propoſitions dixième & quinzième.

AVERTISSEMENT.

ON expliquera l'aplatiſſement des ballons & leur reſſort en ſuite, comme on a expliqué l'aplatiſſement des boules molles ſans reſſort dans l'Avertiſſement de la Propoſition dixième. Car pour l'aplatiſſement, il ſe fait de même que celui des boules molles, & le mouvement ſimple ſe communique de même; & s'ils demeuroient dans leur aplatiſſement, ils s'avanceroient de même enſemble: mais la force de leurs reſſorts les reſtitue en leur première figure par les mêmes degrez que l'aplatiſſement s'eſt fait, pendant qu'ils commencent à s'avancer par le mouvement ſimple; & par ce moïen il ſe fait en chaque ballon un mêlange de ces deux mouvemens. On expliquera de même l'aplatiſſement & la reſtitution des boules à reſſort ferme, comme celles d'yvoire, de verre, &c.

Il eſt aiſé de juger, que les corps qui ont un reſſort lent comme les ballons, s'avancent un peu par le mouvement ſimple, pendant que leur reſſort les reſtituant en leur première figure, leur donne le mouvement de réflexion; & que par cette raiſon, un ballon qui en choque directement un autre, paſſe un peu au-delà du point de rencontre après le choc, & ne s'y arrête pas préciſément; mais que ce mouvement en avant doit être inſenſible dans les boules qui ont un reſſort prompt & ferme.

Il faut encore conſidérer, que ſi une boule à reſſort, roulant bien vîte ſur quelque ſurface plane, rencontre directement une autre boule en repos de même matière & de pareil poids, elle ne perdra pas tout ſon mouvement; comme on le voit par l'expérience dans les jeux de billard. Ce qui procéde de ce qu'elle ne donne à l'autre boule que ſa viteſſe directe; mais elle ne lui donne pas ſon mouvement en rond, & elle le conſerve; ce qui la fait encore rouler & ſuivre l'autre avec une viteſſe conſidérable. La même choſe arrivera, quoique la boule qui choque, ne roule pas, ſi les deux boules ont un reſſort imparfait; parce que ces boules ne ſe ſéparent pas avec leur première viteſſe reſpective, à cauſe de la foibleſſe de leurs reſſorts. On en peut voir l'expérience, TAB. I. ſi les boules G & H ſont de bois, & d'un même poids; car ſi l'une Fig. 3. choque l'autre en repos, elle ne lui donnera pas toute ſa viteſſe, mais elle en conſervera une partie qui la fera un peu avancer après le choc.

PROPOSITION XVIII.

Si deux boules à reſſort égales ſe choquent avec des viteſſes inégales, elles feront échange de leurs viteſſes.

TAB. I. Fig. 1. Soient deux boules égales à reſſort A & B, & ſoit premièrement C le point où elles ſe rencontrent avec les viteſſes AC, BC inégales, & ſoit AD égale à BD. Or ſi elles étoient ſans reſſort, elles s'avanceroient enſemble après le choc en C avec une viteſſe égale à la viteſſe DC vers A, par la Propoſition treizième. Mais par la ſeconde Conſéquence de la 5e. chacune d'elles prendra par le reſſort une viteſſe égale à la viteſſe AD ou DB en ſe ſéparant. Donc la boule B s'avançant avec la viteſſe DC par le mouvement ſimple, & retournant en arrière avec la viteſſe contraire AD, par le mouvement de reſſort, il ne lui reſtera que la viteſſe AC, différence des viteſſes AD, CD, par la 2e. Propoſition; & la boule A s'avançant de C vers A avec la viteſſe CD par le mouvement ſimple, & avec la viteſſe BD par le mouvement de reſſort, elle ira avec une viteſſe compoſée de ces deux, ſçavoir BC, par la ſeconde Propoſition; & par conſéquent les deux boules feront échange de leurs viteſſes. Il eſt encore manifeſte qu'elles feront echange de leurs directions.

TAB. I. Fig. 1. Soient maintenant leurs viteſſes AE, BE, & E leur point de rencontre hors la ligne AB prolongée. Or, par la treizième Propoſition, leur viteſſe commune après le choc ſeroit égale à la viteſſe DE, ſi elles étoient ſans reſſort. Mais le reſſort, par la ſeconde Conſéquence de la quinzième, ajoûte à la boule B la viteſſe AD du même côté: donc elle ira après le choc avec la viteſſe AE, qui étoit celle de la boule A avant le choc; & parce que le reſſort fait retourner en arrière la boule A avec la même viteſſe AD ou BD par les mêmes raiſons, cette viteſſe BD étant ôtée de la viteſſe du mouvement ſimple DE, il ne reſtera à la boule A que la viteſſe BE, qui étoit celle de la boule B avant le choc: donc elles feront échange de leurs viteſſes après le choc. On fera voir la même choſe en quelque autre point qu'elles ſe rencontrent directement en la ligne AB, ou hors icelle prolongée de part ou d'autre. Donc ſi deux corps à reſſort ſont égaux, &c. ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soit au premier cas la viteſſe AC d'un degré, & la viteſſe contraire BC de trois degrez. Donc, par la douzième Propoſition, les deux boules enſemble iroient avec une viteſſe d'un degré de B vers A, ſi elles etoient ſans reſſort. Mais leur viteſſe reſpective étant de quatre degrez, chacune en prendra deux degrez par le reſſort, par la ſeconde Conſéquence de la quinzième. Donc la boule A ira avec trois degrez de viteſſe, parce que ces deux viteſſes ſont de même part; & il n'en reſtera à la boule

le B qu'un degré, parce que ſa viteſſe de reſſort eſt contraire à ſa viteſſe ſimple; & par conſéquent elles auront échangé leurs viteſſes.

Et ſi la viteſſe A E au ſecond cas eſt de ſix degrez, B E ſera de deux degrez, & la ſomme des quantitez de mouvement des deux boules avant le choc ſera huit. Donc, par la quatrième Propoſition, leur viteſſe commune après le choc ſeroit de quatre degrez, ſi elles étoient ſans reſſort. Mais leur viteſſe reſpective étant de quatre degrez, la boule B en prendra par le reſſort deux degrez de même part. Donc ſa viteſſe totale ſera de ſix degrez, par la quatrième Suppoſition; & ſi l'on ôte deux à la viteſſe de la boule A, qui étoit de quatre degrez par le mouvement ſimple, il ne lui en reſtera que deux degrez; & par conſéquent ces deux boules auront échangé leurs viteſſes après le choc.

PROPOSITION XVIII.

SOit une boule A triple d'une autre B, & qu'elles ſe choquent avec des viteſſes égales & uniformes; je dis que la boule A après le choc demeurera en repos, & que la moindre boule B retournera en arrière avec une viteſſe double de celle qu'elle avoit avant le choc. Car ſuppoſons que la boule A pèſe trois onces & la boule B une once, & qu'elles ſe choquent, aiant chacune une viteſſe propre de douze degrez. Or ſi elles étoient ſans reſſort, leur viteſſe commune après le choc ſeroit de ſix degrez ſelon la direction de la boule A, par la douzième Propoſition; car la quantité de mouvement de B, ſçavoir douze, ſe perdroit, & il s'en perdroit autant de celle de A qui étoit 36, & il ne lui reſteroit que 24 de quantité de mouvement, lequel nombre étant diviſé par la ſomme des poids, ſçavoir quatre, donne ſix pour quotient. Mais leur viteſſe reſpective étant de 24 degrez, la boule A par le reſſort prendra ſix degrez de cette viteſſe en arrière, & la boule B 18 degrez, par la ſeconde Conſéquence de la quinzième. Donc la boule A s'avançant de ſix degrez de viteſſe par le mouvement ſimple, & retournant en arrière avec ſix degrez de viteſſe par le mouvement de reſſort, elle demeurera en repos, par la ſeconde Propoſition. Mais la viteſſe de la boule B étant de 6 degrez par le mouvement ſimple & de 18 degrez par le mouvement de reſſort de même part, ſa viteſſe après le choc ſera compoſée de ces deux viteſſes par la ſeconde Propoſition. Donc après le choc elle ira d'une viteſſe de vingt-quatre degrez, qui eſt double de ſa première viteſſe.

CONSÉQUENCE.

IL s'enſuit que ſi deux corps à reſſort inégaux ſe choquent directement avec des viteſſes égales, & que le poids du plus peſant ſoit plus que triple du poids de l'autre, ils s'avanceront tous deux après le choc ſelon la direction du plus peſant; & que s'il eſt moins que triple, chacun

cun de ces corps retournera en arrière: ce qu'on prouvera par des raiſons ſemblables à celles de la Conſéquence de la Propoſition ſeizième.

AVERTISSEMENT.

Les expériences qu'on fera ſuivant cette Propoſition, feront voir manifeſtement la fauſſeté de l'hypothèſe, Que les corps inégaux mis en reſſort, prennent par la force, des quantitez de mouvement ſelon la raiſon réciproque de leurs poids. *Car ſi on met une boule d'yvoire de trois onces ſur le douzième degré de la machine de la Propoſition troiſième, & une d'une once ſur le douzième degré de l'autre part; on verra qu'après le choc la groſſe boule demeurera immobile, & par conſéquent qu'elle ſera retournée en arriere de ſix degrez de viteſſe, puiſqu'étant ſans reſſort, elle ſe feroit avancée de ſix degrez, par la Propoſition 12e. Or, ſi on multiplie ces ſix degrez de viteſſe en arrière, par trois de poids, on trouvera que la quantité de mouvement de la groſſe boule en arriere aura été de 18, & que ſuivant cette fauſſe hypothèſe, la boule d'une once en devroit prendre trois fois autant, ſçavoir 54, qui diviſés par l'unité, qui eſt le poids de cette boule, donneroit 54 degrez de viteſſe, leſquels étant joints aux ſix degrez du mouvement ſimple, compoſeroient une viteſſe de 60 degrez, qui feroit élever la boule d'une once juſques au ſoixantième degré, ou du moins juſques au 54e. à cauſe de la réſiſtance de l'air; au lieu qu'elle ne s'élèvera qu'à la hauteur de 22 degrez à peu près, d'où l'on connoîtra évidemment que cette hypothèſe eſt fauſſe.*

PROPOSITION XIX.

TAB. I Fig 13. SI une ligne comme AB eſt diviſée au point C en la raiſon réciproque des poids des corps A & B, & auſſi au point D, ſelon la raiſon des viteſſes avec leſquelles ils ſe choquent; c'eſt-à-dire, que ſi BC eſt à CA, comme le poids du corps A eſt au poids du corps B, & que AD ſoit à BD, comme la viteſſe du corps A à la viteſſe du corps B, & que CE ſoit faite égale à CD; la ligne EA ſera la viteſſe du corps A, ſelon la direction de E vers A, & EB la viteſſe du corps B, ſelon la direction de E vers B après le choc en D. Car par la Propoſition treizième, ſi ces corps étoient ſans reſſort, ils s'avanceroient enſemble avec une viteſſe égale à CD du côté de B: mais les viteſſes produites par le reſſort étant les mêmes dans chacun de ces corps, que s'ils s'étoient rencontrés avec les viteſſes AC, BC, par la ſeconde Conſéquence de la Propoſition quinzième, le corps A prendra par le reſſort une viteſſe égale à la viteſſe AC, ſelon la direction de C en A, & celle que prendra le corps B par le reſſort ſera égale à la viteſſe CB, ſelon la direction de C en B: or cette dernière étant ajoûtée à celle du mouvement ſimple, ſçavoir CD ou EC, la ligne entière EB ſera la viteſſe du corps B après le choc, par la ſeconde Propoſition: mais ſi l'on

l'on ôte la même viteſſe E C, de la viteſſe C A produite par le reſſort, à cauſe qu'elles ont une direction contraire, le reſte E A ſera la viteſſe du corps A après le choc, par la même ſeconde Propoſition.

Que ſi *d* eſt le point du choc, la ligne C *d* étant plus grande que C A, & que la ligne B A étant prolongée en C *e* *d*, C *e* ſoit égale à C D, le point *e* paſſera au delà du point A dans la ligne A B prolongée; ce qui ſera voir que la direction du corps A, après le choc, ſera du côté du point B, & que ſa viteſſe ſera *e* A, & celle du corps B, *e* B; car en ce cas, la viteſſe C A produite par le reſſort dans le corps A B étant moindre que celle du mouvement ſimple C *d*, il reſtera du mouvement au corps A du côté de B ſelon la viteſſe *e* A, différence des viteſſes C *d*, C A, par la ſeconde Propoſition; mais à l'égard du moindre corps B, ſon mouvement ſimple & ſon mouvement de reſſort ſont encore d'un même côté, & par conſéquent la ligne entière *e* B, ſomme des deux lignes C *d* ou C *e*, & C B, ſera ſa viteſſe après le choc, par la même ſeconde Propoſition,

Que ſi C D en la ligne A B eſt égale à A C, il eſt manifeſte que le point E tombera ſur le point A; ce qui fera connoître que le corps A demeurera ſans mouvement après le choc, & que le corps B aura la viteſſe reſpective entière A B: & ſi C *d* eſt égale à C B, le point *d* étant au delà du point A dans la ligne B A prolongée, le point E tombera ſur le point B: ce qui fera connoître que ſi les deux corps ſe recontrent en ce point *d*, hors la ligne A B, avec les viteſſes propres A *d*, B *d*, le corps B demeurera ſans mouvement après le choc, & le corps A aura la viteſſe & la direction B A; ce qu'on prouvera par les mêmes raiſons: & en quelque autre point qu'on ait pris le point D, ſoit en la ligne A B, ſoit en ſes extrémitez A ou B, ou hors cette même ligne prolongée de part & d'autre; on trouvera la viteſſe & la direction des deux corps après le choc, & l'on en fera la démonſtration de même, par les Propoſitions, ſeconde, treizième, & quinzième ou ſes Conſéquences.

AVERTISSEMENT.

*ON peut appliquer cette démonſtration aux pendules de la première Propoſition, en prenant un arc tel qu'on voudra pour la ligne droite A B de la douzième ou treizième figure, afin de repréſenter la viteſſe reſpective des deux boules G & H, quelque proportion qu'on veuille donner à leurs viteſſes propres: comme ſi ces boules étant d'yvoire, la boule G péſe ſix onces & la boule H quatorze, & qu'on veuille les faire choquer en ſorte que la boule G demeure en repos après le choc, on prendra pour leur viteſſe reſpective un arc de vingt degrez, à cauſe que la ſomme des poids eſt 20; on élèvera la boule G à vingt huit degrez, afin que ce nombre ſoit double de 14, comme B *d* en la ligne A B prolongée eſt double de B C, & la boule H à huit degrez du même côté, afin que la diſtance des boules ſoit toûjours de vingt de-*

TAB. I. Fig. 3.

TAB. I. Fig. 13.

grez, & ces huit degrez ſont la différence des poids quatorze & ſix, comme A a eſt la différence de AC, BC. Alors ſi on laiſſe aller en même tems ces boules, G demeurera en repos après le choc, & H s'élevera de l'autre côté juſques au vingtième degré (on fait toûjours abſtraction de la réſiſtance de l'air); ce qui eſt aiſé à prouver par les Propoſitions treizième & quatorziéme, &c.

Que ſi l'on veut que ce ſoit la boule H qui demeure en repos, il faut l'élever à douze degrez vers N, afin que ce nombre ſoit double de 6, qui dénote le poids de l'autre boule, & élever l'autre vers M à 8 degrez, différence de douze & de vingt; & l'on verra, ſi on les laiſſe aller en même tems, que la boule H demeurera en repos après le choc, & que l'autre remontera juſques au vingtième degré. On pourra faire par cette méthode les expériences de tous les mouvemens qu'on aura démontré devoir arriver à deux boules à reſſort, quelles que ſoient les proportions de leurs poids & de leurs viteſſes, lorſqu'elles ſe choquent directement.

PROPOSITION XX.

SI deux corps égaux ou inégaux à reſſort ſe ſont choqués directement, ſoit que tous deux fuſſent en mouvement, ou qu'il n'y en eût qu'un ſeul, & qu'ils ſe choquent une ſeconde fois avec les viteſſes acquiſes par le premier choc; ils reprendront, après le ſecond choc, la même viteſſe propre, ou le repos, que chacun avoit avant le premier choc.

TAB. I. Fig. 13. Soient les boules à reſſort A & B, ſe choquant au point D avec les viteſſes propres, A D, B D; & qu'après le choc la viteſſe de la boule A ſoit E A, & celle de la boule B, E B. Je dis que ſi elles ſe choquent dérechef avec les viteſſes acquiſes A E, B E, la boule A reprendra après le ſecond choc ſa viteſſe première A D, & B ſa viteſſe première B D.

Soit A B diviſée en C, ſelon la proportion des poids de ces boules. Or C E par la précédente ſera égale à C D, à cauſe que le premier choc s'eſt fait avec les viteſſes A D, B D. Mais A E étant la viteſſe de la boule A, & B E celle de la boule B au ſecond choc, & C D étant égale à C E; D A ſera la viteſſe de la boule A après le ſecond choc, & D B celle de la boule B, par la précédente, qui ſont les mêmes que ces boules avoient avant le premier choc. On ſera voir la même choſe en quelque autre proportion que ſoient les poids & les viteſſes propres de ces boules avant le premier choc, & quelque viteſſe que chacune d'elles en ait reçûe. Donc ſi deux corps égaux ou inégaux, &c. ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

TAB. I. Fig. 12. SUppoſons que la boule A pèſe trois onces & la boule B une once, & qu'elles ſe rencontrent au point D hors la ligne A B avec les viteſſes

teſſes A D de deux degrez, & B D de ſix degrez; B C ſera égale à trois, & A C à l'unité, & C B, C D, ſeront égales. Or ſi ces boules étoient ſans reſſort, d'autant que la ſomme de leurs quantitez de mouvement eſt 12, leur viteſſe commune après le choc ſeroit 3, & la viteſſe de la boule A par le reſſort étant A C ou l'unité, toute ſa viteſſe ſera B A, c'eſt-à-dire, 4. De même la viteſſe de reſſort de la boule B étant 3, ſi on l'ôte de ſa viteſſe ſimple qui eſt auſſi 3, à cauſe des directions contraires de ces deux mouvemens, cette boule reſtera ſans mouvement

Or la ſeule boule A frappant la boule B pour la ſeconde fois avec ſa viteſſe acquiſe de quatre degrez, les deux enſemble iroient avec une viteſſe de trois degrez ſi elles étoient ſans reſſort; mais A en perdra un degré par le reſſort, & B en prendra 3. Donc leurs viteſſes après le deuxième choc ſeront A D ou 2, & B D ou 6, qui étoient leurs premières viteſſes.

PREUVES PAR EXPÉRIENCE.

SI l'on ſuſpend deux boules d'yvoire, dont l'une pèſe trois fois plus que l'autre, & qu'on les faſſe choquer avec des viteſſes égales, les élevant chacune à la hauteur d'un arc de douze degrez; on verra arrêter la groſſe en ſon point de repos après le choc, & retourner l'autre en arrière juſques à la hauteur de vingt-quatre degrez : mais cette boule venant à frapper de nouveau la groſſe boule demeurée en repos, elle la repouſſera juſques au douzième degré, & retournera en arrière à la même hauteur de douze degrez, d'où elles viendront derechef ſe choquer avec leurs premières viteſſes, du moins à peu près, à cauſe de la réſiſtance de l'air; & l'on verra encore les mêmes effets au troiſième & quatrième choc. TAB. I. Fig. 3.

PROPOSITION XXI.

SI deux corps à reſſort égaux ou inégaux ſe choquent directement avec des viteſſes égales ou inégales, ils ſe ſépareront après le choc avec la même viteſſe reſpective, avec laquelle ils ſe ſont rencontrés.

Soient A & B deux boules d'yvoire ou de jaſpe qui ſe rencontrent dans la ligne A B, ou au delà en un point de cette ligne prolongée, avec des viteſſes propres telles qu'on voudra, comme A E, B E, faiſant enſemble la viteſſe reſpective A B. Je dis qu'après le choc elles ſe ſépareront avec la même viteſſe reſpective : car ſi elles étoient ſans reſſort, elles demeureroient toutes deux ſans mouvement, ou iroient enſemble, & elles ne ſe ſéparent que par la force de leurs reſſorts. Mais la viteſſe produite par la force des reſſorts eſt toujours la même que celle qui a produit les reſſorts, par la quinzième Propoſition, & ſes Conſéquences. Donc la viteſſe reſpective avec laquelle ces boules ſe TAB. I. Fig. 13.

ſéparent après le choc, ſera la même que celle avec laquelle elles ſe rencontrent; ce qu'il faloit prouver.

PROPOSITION XXII.

SI un corps à reſſort choque directement un autre corps à reſſort, ſoit que le corps choqué ſoit en repos, ſoit qu'il s'avance de même part que l'autre, ſelon une même ligne de direction; la ſomme des quantitez de mouvement des deux enſemble après le choc ſera la même qu'avant le choc, s'ils s'avancent tous deux, ou ſi celui qui a choqué, demeure ſans mouvement. Mais ſi ce dernier corps retourne en arrière, la quantité de mouvement de celui qui s'avance, ſera plus grande que celle qu'avoit le corps qui s'eſt mû ſeul, ou les deux mûs de même part avant le choc; & l'excès ſera égal à la quantité de mouvement de celui qui retourne en arrière.

La première partie de cette Propoſition eſt facile à prouver. Car, s'ils étoient ſans reſſort, les deux quantitez de mouvement devant & après le choc ſeroient égales par la dixième & onzième Propoſition; mais par la première Conſéquence de la quinzième, les reſſorts produiſent la même quantité de mouvement en l'un & en l'autre de ces corps. Donc le recul de l'un par le mouvement de reſſort ôtera autant de la quantité de mouvement ſimple, que l'avance de l'autre y en ajoûtera, ſi celui qui a choqué, demeure ſans mouvement ou qu'il s'avance; & par conſéquent la ſomme des quantitez de mouvement devant & après le choc ſera toûjours la même.

La ſeconde partie ſe prouve en cette ſorte. Si le corps qui a choqué, ne retournoit pas en arriere, la ſomme des quantitez de mouvement après le choc ſeroit égale à celle qui précéde le choc, par la première partie. Mais autant que le corps qui retourne en arrière, prend de quantité de mouvement par ſon recul, à compter depuis le point de rencontre, autant s'en ajoûte-t-il à la quantité de mouvement de celui qui s'avance, par les Conſéquences de la quinzième. D'où il s'enſuit qu'il faudra ôter cette quantité de mouvement en arrière de celle du corps qui s'avance, afin que le reſte ſoit égal à la quantité de mouvement qui précéde le choc. Donc en ce cas la quantité de mouvement du corps qui s'avance, eſt plus grande que celle qui étoit avant le choc, & l'excès eſt égal à la quantité de mouvement du corps qui retourne en arrière; ce qu'on s'étoit propoſé de prouver.

PROPOSITION XXIII.

SI deux corps inégaux à reſſort ſe choquent directement avec des viteſſes contraires, non réciproques à leurs poids, & qu'ils s'avancent tous deux, ou que l'un d'eux demeure en repos après le choc; la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc ſera égale à la différence de celles qu'ils

qu'ils avoient avant le choc. Mais ſi les deux corps retournent en arrière après s'être choqués, la ſomme de leurs quantitez de mouvement ſera plus grande que cette différence, & l'excès ſera égal au double de la quantité de mouvement de celui à qui il en reſte le moins.

La première partie de cette Propoſition ſe prouve ainſi.

Si ces corps étoient ſans reſſort, ils auroient enſemble après le choc une quantité de mouvement égale à la différence de celle qu'ils avoient avant le choc, par la Propoſition douzième. Mais ces corps reçoivent chacun une égale quantité de mouvement par le reſſort, par la première Conſéquence de la quinzième: & ces quantitez égales de mouvement étant contraires, ſi l'une s'ajoûte au mouvement ſimple de l'un des corps, l'autre en détruit une égale dans l'autre corps. Donc il ne reſtera dans les deux corps pour la ſomme de leurs quantitez de mouvement, que la même qu'ils auroient s'ils étoient ſans reſſort, ſçavoir la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc.

Pour ce qui eſt de la ſeconde partie. Si le corps qui a la moindre quantité de mouvement après le choc, n'étoit point retourné en arrière, depuis le point de rencontre; la ſomme des quantitez de mouvement des deux corps ſeroit égale à la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc, par la première partie. Il faut donc ajoûter à cette différence, la moindre quantité de mouvement en arrière, & encore une pareille dans l'autre corps, puiſque le reſſort en donne autant à l'un des corps qu'à l'autre par la première Conſéquence de la quinzième; & par conſéquent cette différence ſera augmentée du double de la moindre quantité de mouvement.

EXEMPLES EN NOMBRES.

SUppoſons que deux boules d'yvoire A & B, la première de deux onces, & l'autre d'une once, ſe rencontrent directement avec des viteſſes contraires inégales, ſçavoir A avec une viteſſe de cinq degrez, & B avec une viteſſe d'un degré; la différence de leurs quantitez de mouvement avant le choc ſera 9; & ce nombre diviſé par 3, ſomme des poids, donnera pour quotient 3, qui ſeroit leur viteſſe commune après le choc, ſi les boules étoient ſans reſſort. Mais leur viteſſe reſpective étant de ſix degrez, la boule A en prendra deux en arrière, & par conſéquent il ne lui reſtera qu'un degré de viteſſe en avant, & ſa quantité de mouvement ſera 2; & la boule B prenant quatre degrez de ces ſix par le mouvement de reſſort, elle en aura ſept après le choc, lequel nombre ſera auſſi ſa quantité de mouvement, par la quatrième Propoſition; & la ſomme des deux ſera neuf, égale à la différence des quantitez de mouvement avant le choc.

Que ſi ces boules ſe choquent avec des viteſſes égales de trois degrez chacune, la différence de leurs quantitez de mouvement ſera trois, &

elles iroient enſemble avec une viteſſe d'un degré par leur mouvement ſimple. Mais A doit retourner en arrière avec deux degrez de viteſſe par le mouvement de reſſort, & par conſéquent il retournera en arrière depuis le point de rencontre avec une viteſſe d'un degré, & le reſte de ſa quantité de mouvement ſera deux. Mais B prenant quatre degrez de viteſſe par le mouvement de reſſort, toute ſa viteſſe ſera cinq, & ſa quantité de mouvement cinq, qui étant ajoûtée à la quantité de mouvement de la boule A en arrière, ſçavoir deux, la ſomme ſera ſept, qui eſt plus grande que la différence trois ci-deſſus, & l'excès eſt quatre, double de la quantité de mouvement de la boule A en arrière, conformément à ce qui a été propoſé

PROPOSITION XXIV.

SI le poids d'un corps à reſſort eſt triple, ou moins que triple du poids d'un autre corps à reſſort moindre, & qu'ils ſe choquent avec des viteſſes égales; la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc ſera moindre qu'avant le choc, & la différence ſera égale au quarré de la différence des poids des deux corps, ſi leur viteſſe reſpective eſt exprimée par la ſomme de leurs poids.

TAB. I. Fig. 12. Soit le poids du corps A triple du poids du corps B, & que leur viteſſe reſpective ſoit exprimée par quatre, nombre égal à la ſomme de leurs poids. Soit auſſi la ligne A B diviſée en quatre parties égales par les points C, *d*, *e*. Il eſt manifeſte qu'elle ſera diviſée en C, en raiſon réciproque des poids, & que A C ſera l'unité, B C, 3, & C *e* leur différence. Or ſi ces corps ſe rencontrent en *d*, avec les viteſſes égales A *d*, B *d*; le rectangle A *d*, B C ſera la quantité de mouvement du corps A avant le choc, & A C, *d* B, du corps B, & leur ſomme ſera le rectangle B A *d*. Mais d'autant que C A eſt égale à C *d*, A demeurera en repos après le choc, par la dix-neuvième; & la quantité de mouvement de B, ſera le rectangle B A C, moindre que le rectangle B A *d* du rectangle B A C, c'eſt-à-dire, du quarré de C *e*, moïenne proportionnelle entre B A, A C, laquelle ligne C *e* eſt la différence des lignes A C, B C, qui expriment les poids des deux corps, ſelon l'énoncé de la Propoſition.

TAB. I. Fig. 13. Soit maintenant la proportion du poids du corps A, au poids du corps B, moindre que de trois à un; & ſoit la ligne A B diviſée en C ſelon cette proportion, & en parties égales au point D. Il eſt manifeſte que ſi ces corps ſe rencontrent en D directement avec les viteſſes égales A D, B D, & que C E ſoit priſe égale à C D; le point E tombera entre A & C, & que E A ſera la viteſſe du corps A, & E B celle du corps B en ſe ſéparant, par la dix-neuvième Propoſition. Or ſi B *d* eſt égale à A C, C *d* ſera la différence des poids des corps A & B. Il faut donc faire voir que les premières quantitez de mouvement, ſçavoir les rectangles A D, B C,

B C, & B D, A C, ſurpaſſent les ſecondes quantitez de mouvement, ſçavoir les rectangles E A, B C, & E B, A C, & que l'excès eſt le quarré de C *d*, ce qui eſt facile. Car le rectangle E A, B C eſt moindre que le rectangle A D, B C, du rectangle E D, B C, & le rectangle E B, A C, excéde le rectangle D B, A C, du rectangle E D, A C. Or le rectangle E D, B C, qui eſt ôté aux premières quantitez de mouvement, eſt plus grand que le rectangle E D, A C, qui leur eſt ajoûté; & l'excès eſt le rectangle E D, C *d*, c'eſt-à-dire le quarré de C *d*, difference des poids, puiſque E C, C D, D *d*, ſont égales. Il eſt encore évident que plus les poids approcheront de l'égalité, plus le point C ſera près du point D, qui partage la ligne A B également; & que par conſéquent les ſommes des quantitez de mouvement devant & après le choc ſeront moins inégales; & qu'enfin, lorſque les poids ſeront égaux, le point C tombera ſur le point D, & les ſommes de ces quantitez de mouvemens ſeront égales, par la Propoſition quinzième.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SUppoſons que le corps A pèſe ſept onces, & le corps B trois onces, leur viteſſe reſpective ſera dix. Or s'ils ſe choquent avec des viteſſes égales de cinq degrez chacune, leurs premières quantitez de mouvement ſeront 35 & 15, dont la ſomme eſt 50, & la différence 20. Donc s'ils étoient ſans reſſort, ils auroient deux degrez pour leur viteſſe commune après le choc, par la douzième Propoſition. Mais leur viteſſe reſpective étant dix, A en prendra trois en une direction contraire à celle de ſon mouvement ſimple, & par conſéquent il ne lui reſtera qu'un degré de viteſſe, & ſept de quantité de mouvement: & B, qui doit prendre ſept degrez de viteſſe par le mouvement de reſſort de même part que les deux degrez de mouvement ſimple, aura pour ſa viteſſe entière neuf degrez, & vingt-ſept pour ſa quantité de mouvement, laquelle étant jointe à celle du corps A la ſomme ſera 34, moindre que leur première ſomme 50; & la différence eſt 16, quarré de 4, différence de leurs poids, ſelon l'énoncé de la Propoſition.

PROPOSITION XXV.

S'Il y a deux corps inégaux à reſſort A & B, & que le moindre B étant en repos ſoit choqué directement par le plus peſant avec une viteſſe dont les degrez ſoient exprimés par le nombre qui exprime la ſomme des poids des deux corps; le corps B après le choc aura une viteſſe dont les degrez ſeront exprimés par un nombre double du nombre du plus grand poids, & les degrez de viteſſe que le corps A perdra, ſeront exprimés par le double du nombre du moindre poids.

D'autant que la viteſſe commune du mouvement ſimple des deux corps

corps après le choc, eſt égale au nombre du poids du corps A, par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition ; & que la première viteſſe du corps A eſt égale à la ſomme des nombres des poids, par l'hypothèſe; le corps A perdra par le mouvement ſimple un nombre de degrez de ſa viteſſe première, égal au nombre du poids du corps B. Mais ce même corps A par le mouvement de reſſort prend une viteſſe égale à ce même nombre, par la quinzième Propoſition ; & cette ſeconde viteſſe aura une direction contraire à celle de ſon mouvement ſimple. Donc il perdra par les deux mouvemens un nombre de degrez de viteſſe égal au double du nombre du moindre poids. Et le corps B recevant par le mouvement ſimple une viteſſe dont le nombre des degrez eſt égal au nombre du poids du corps A, par la ſeconde Conſéquence de la Propoſition dixième, & par le mouvement de reſſort un pareil nombre de degrez de viteſſe, par la quinzième Propoſition ; le nombre de degrez de ſa viteſſe entière après le choc ſera double du nombre du poids du corps A; ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

QUe le poids du corps A ſoit huit onces, & celui du corps B trois onces; la première viteſſe du corps A ſera onze, & les deux corps enſemble par le mouvement ſimple auront une viteſſe de huit degrez après le choc. Mais le corps B par le reſſort prendra encore une viteſſe de huit degrez de même part; donc toute ſa viteſſe ſera 16, nombre double du poids du corps A: & le corps A prenant par le reſſort une viteſſe de trois degrez, en une direction contraire, il ne lui en reſtera que cinq degrez après le choc, & par conſéquent il en aura perdu ſix, qui eſt un nombre double du moindre poids, ſelon l'enoncé de la Propoſition.

PROPOSITION XXVI.

S'Il y a deux corps inégaux à reſſort A & B, & que le plus peſant A étant en repos ſoit choqué par le plus léger, avec une viteſſe dont les degrez ſoient exprimés par le nombre qui exprime la ſomme des poids de deux corps; le corps A après le choc aura une quantité de mouvement double de celle du corps B avant le choc, diminuée du quarré du nombre qui exprime ſon poids; & les degrez de viteſſe que le corps B perdra, ſeront exprimés par le double du nombre qui exprime ſon poids.

D'autant que la viteſſe commune du mouvement ſimple des deux corps après le choc eſt égale au nombre du poids du corps B, par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition ; & que la première viteſſe du corps B, eſt égale à la ſomme des nombres des poids par l'hypothèſe: le corps B prendra un nombre de degrez de viteſſe, égal au nom-

nombre de ſon poids par le mouvement ſimple, & par le reſſort il prendra une viteſſe égale au nombre du poids A, par la quinzième Propoſition, laquelle viteſſe de reſſort aura une direction contraire à celle du mouvement ſimple; & par conſéquent il ne lui reſtera que la différence des nombres des deux poids pour ſa viteſſe. Mais la différenec de deux nombres inégaux eſt moindre que leur ſomme, du double du moindre nombre. Donc le corps B perdra par les deux mouvemens un nombre de degrez de viteſſe égal au double du nombre de ſon poids.

A l'égard du corps A, il receevra par le mouvement ſimple une viteſſe égale au nombre du poids B, par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition; & par le mouvement du reſſort, il recevra une viteſſe pareille de même part, par la quinzième Propoſition. Donc le nombre de ſa viteſſe entiére ſera double du nombre du poids B, & ſa quantité de mouvement ſera le produit de ſon propre poids par le double du nombre du poids B. Mais la quantité de mouvement du corps B avant le choc eſt égale au produit de ſon poids par la ſomme des deux poids, puiſque ſa viteſſe eſt ſuppoſée égale à cette ſomme; & ſi de cette quantité de mouvement on ôte le quarré du nombre de ſon poids, le reſte ſera le produit du nombre de ſon poids par le nombre du poids du corps A. Donc la quantité de mouvement du corps A après le choc, ſera double de la quantité de mouvement du corps B, avant le choc, diminuée du quarré du nombre qui exprime ſon poids; & par conſéquent s'il y a deux corps inégaux à reſſort, &c. ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE EN NOMBRES.

QUe le poids du corps A ſoit huit onces, & le poids du corps B trois onces, la viteſſe du corps B avant le choc ſera onze, & ſa quantité de mouvement trente-trois, qui étant diminuée du quarré de ſon poids, ſçavoir neuf, il reſtera vingt-quatre. Or la viteſſe du mouvement ſimple des deux corps joints eſt trois, & le mouvement de reſſort ajoûtant encore trois degrez de viteſſe au corps A, ſa viteſſe après le choc ſera ſix, & ſa quantité de mouvement quarante-huit, double du nombre vingt-quatre ci-deſſus. Mais le corps B prendra par le reſſort une viteſſe en arriére de huit degrez, dont il faut ôter les trois degrez de mouvement ſimple, par la ſeconde Propoſition; & par conſéquent il ne lui reſtera que cinq degrez de viteſſe; donc ſa viteſſe ſera diminuée de ſix, nombre double de ſon poids. On voit par cet exemple, & par celui de la précédente, & il eſt aiſé de le démontrer univerſellement, que lorſque les poids demeurent les mêmes, quel que ſoit le corps qui choque, ſa viteſſe reſtante eſt toûjours la même, & la quantité de mouvement du corps choqué eſt auſſi la même: car en chacun de ces exemples la viteſſe qui reſte au corps qui choque, eſt cinq, & la quantité de mouvement du corps choqué eſt 48. La ſeule différence

eſt, que la viteſſe qui reſte au plus grand corps, eſt en avant, & celle du moindre en arrière.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit des deux Propoſitions précédentes, que le corps choqué prend autant de viteſſe & de quantité de mouvement par le mouvement ſimple, que par le mouvement de reſſort.

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit auſſi que ſi l'on prend deux corps inégaux à reſſort de tel poids qu'on voudra, & que l'un des deux étant en repos ſoit choqué par l'autre directement avec une viteſſe égale au nombre de la ſomme de leurs poids, la ſomme de leurs viteſſes après le choc ſera triple de cette première viteſſe, moins quatre fois le nombre du moindre poids, ſi c'eſt le moindre corps qui ſoit en repos; & ſi c'eſt le plus grand, la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc, ſera triple de la quantité de mouvement du moindre corps avant le choc, moins quatre fois le quarré du nombre du moindre poids.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SUppoſons que le corps A pèſe 100000 onces, & le corps B, une once. Or ſi c'eſt le moindre corps qui choque, ſa viteſſe première ſera 100001, & la quantité de mouvement du corps choqué ſera 200000, & celle qui reſtera dans le moindre corps ſera 99999, dont la ſomme ſera triple de la première quantité de mouvement du moindre corps, ſçavoir 100001 moins quatre, c'eſt-à-dire quatre fois le quarré de l'unité qui marque le moindre poids. Mais ſi le moindre corps eſt en repos, ſa viteſſe après le choc ſera 200000, & celle de l'autre 99999, dont la ſomme eſt auſſi triple moins quatre, de 100001.

On voit par cet exemple qu'on peut tellement augmenter l'inégalité des poids de ces corps, que la ſomme de leurs quantitez de mouvement ou de leurs viteſſes, après le choc, ſera triple de la première, moins une de ſes parties, plus petite qu'aucune qu'on puiſſe dire.

Cette ſeconde Conſéquence doit paſſer pour un paradoxe aſſez ſurprenant; car comment un corps peut-il donner une plus grande viteſſe, ou une plus grande quantité de mouvement à un autre corps que celle qu'il a, & conſerver la ſienne preſque toute entière? Mais cette merveille procède de deux régles de la nature, qui ont été expliquées dans la troiſième Propoſition, & dans la quinzième; ſçavoir, que l'impreſſion mutuelle de deux corps l'un ſur l'autre eſt toûjours la même, quand la viteſſe reſpective avec laquelle ils ſe rencontrent directe-

rectement eſt la même ; & que quand ils ſe ſont mis en reſſort par leur choc, ils partagent leur viteſſe reſpective, en raiſon réciproque de leurs poids : ce qui fait que quand c'eſt le plus grand corps qui choque, les viteſſes ſont augmentées, & les quantitez de mouvement demeurent égales ; & quand c'eſt le moindre corps, les quantitez de mouvement ſont augmentées, & la ſomme des viteſſes demeure égale.

Pour faire voir par l'expérience qu'un petit corps choqué par un plus grand reçoit preſque le double de ſa viteſſe, il faut ſuſpendre deux boules d'yvoire fort inégales en poids, comme ſi l'une pèſe quatre gros, il faut que l'autre en pèſe quatre-vingt. Elevez la plus groſſe G, juſques à quatre-vingt-quatre degrez, ajoûtant cinquante-quatre degrez à l'arc L M, afin d'avoir une viteſſe reſpective égale au nombre qui exprime la ſomme des poids : laiſſez aller cette boule contre l'autre, en ſorte qu'elle la choque directement, & vous verrez que la petite boule ira de telle force qu'elle fera deux ou trois tours à l'entour des deux cloux, ſi elle ne rencontre rien. Or par ce qui a été dit, elle doit recevoir une viteſſe double de celle qui la feroit remonter par un arc de cercle de quatre-vingt degrez, ou qui la feroit élever perpendiculairement à environ 40 pouces de hauteur, ſi les filets de ſuſpenſion étoient de quatre pieds ; & par conſéquent elle remonteroit à environ treize pieds de bas en haut, par cette viteſſe double, par la ſeconde Suppoſition. Donc elle remonteroit plus haut que le diamétre entier du cercle du pendule. Mais étant retenue par le filet qui l'empêche de monter plus haut que huit pieds, elle emploïera en rond le reſte de ſa viteſſe, qui lui fera faire deux ou trois tours à l'entour des cloux, nonobſtant la réſiſtance de l'air. TAB. I. Fig. 3.

TROISIÈME CONSÉQUENCE.

IL ſuit auſſi de ces deux Propoſitions, que ſi deux corps à reſſort ſont fort inégaux en poids, ils peuvent ſe rencontrer directement de telle ſorte, que leurs ſecondes quantitez de mouvement ou leurs ſecondes viteſſes ne ſeront à fort peu près que le tiers des premières ; c'eſt-à-dire, qu'il ſe perdra à fort peu près les deux tiers de leurs viteſſes ou de leurs quantitez de mouvement par le choc. Car ſi les deux corps ci-deſſus A & B, ſe choquent une ſeconde fois avec les viteſſes acquiſes par le premier choc de l'un des deux corps, il n'en reſtera qu'un ſeul en mouvement après le ſecond choc, par la vingtième Propoſition, & il reprendra la même viteſſe & la même quantité de mouvement qu'il avoit avant le premier choc. Donc, comme le premier choc avoit fait tripler à peu près la première viteſſe ou la première quantité de mouvement, réciproquement le ſecond la diminuera des deux tiers à peu près : comme ſi une boule à reſſort cent mille fois plus peſante qu'une autre la choque en repos, avec une viteſſe de 100001 degrez, leurs viteſſes après le choc ſeront de 200000 degrez pour la moindre, & de 99999

pour la plus peſante: mais ſi elles viennent à ſe choquer une ſeconde fois, allant de même part avec ces viteſſes acquiſes, la moindre demeurera ſans mouvement après avoir choqué la plus peſante, & cette dernière reprendra ſa première viteſſe de 100001 degrez, qui excéde de fort peu le tiers de 299999 degrez, ſomme des deux quantitez de mouvement avant le ſecond choc. Il eſt encore évident que lorſqu'un corps à reſſort en choque un autre plus peſant en repos, plus ce dernier ſera peſant, plus la viteſſe du corps choquant ſera grande en arrière, à cauſe de la plus grande réſiſtance que fait le corps plus peſant, conformément à la Propoſition cinquième: & qu'enfin ſi le corps choqué étoit ſi peſant qu'il fût ſenſiblement inébranlable, l'autre corps retourneroit en arrière ſenſiblement avec toute ſa viteſſe, conformément à la Propoſition quatorzième. On trouvera encore facilement par le calcul, que ſi deux boulets de canon fort inégaux en poids ſe rencontroient directement avec des viteſſes égales, le moindre retourneroit en arrière avec une viteſſe qui ſeroit à peu près trois fois plus grande que celle qu'il auroit eûe avant le choc: par exemple, ſi le gros boulet peſoit quarante livres & le petit boulet une livre, leur viteſſe reſpective étant exprimée par 82, nombre double de la ſomme de leurs poids, le petit boulet après le choc prendroit une viteſſe en arrière de 119 qui ſeroit triple de ſa première viteſſe 41, moins 4, qui eſt le produit du moindre nombre par 4.

PROPOSITION XXVII.

TAB. I. Fig. 14. *SI l'on ſuſpend un cerceau de fil de fer ou de bois neuf, comme le cercle A B C D, en ſorte que les diamétres A H C, B H D, ſoient en un plan horiſontal à peu près, & qu'on le frappe fortement avec un bâton ou autrement au point D, pour le faire avancer horiſontalement ſelon la direction de la ligne D G H E B F; le point B ne s'avancera pas en même tems que le point choqué D, mais il ira en arrière du côté de D, comme en E, avant que d'aller en F.*

Pour bien prouver la néceſſité d'un effet ſi ſurprenant, & en faire voir les cauſes; il faut conſidérer ce qui arrive à un fil de fer, comme
TAB. I. Fig. 15. A B, lorſqu'on le fait plier en le tenant par les deux bouts. Car il ne fait pas un angle rectiligne vers le milieu C D, puiſque la partie convexe en C ſeroit trop étendue, & la partie concave trop ſerrée: mais il prendra une courbure comme *a* C *b*, en laquelle la partie du milieu C D ſera un peu plus dilatée en ſa convexité, & un peu plus ſerrée en ſa concavité, qu'une autre partie proche, comme G H ou I L, & celles-ci plus que les parties M F, E N; puiſque les longeurs *a* C, *b* C, tenant lieu de leviers qui s'appuïent ſur le point D comme ſur leur centre de mouvement pour faire plier ou pour rompre le fil de fer en C, y ſont un plus grand effort enſemble que les leviers *a* H, *b* H, en-

enſemble n'en font au point G; & de même à l'égard des autres points, comme il a été démontré par *Galilée* en ſon Traité de la *Réſiſtance des Solides*, & comme l'expérience le fait voir.

Or ſi le même fil de fer A B de deux ou trois pieds de longueur, & d'environ deux lignes & demi d'épaiſſeur, eſt poſé ſur deux appuis O & P également diſtans du milieu *q* D, & qu'on le frappe fermement au point *q*, pour le pouſſer vers C; la partie *q* D ſera avancée vers D C, avant que les extrémitez A & B ſe ſoient avancées de ce côté-là, ni même les parties N E, M F, à cauſe que le fil de fer eſt flexible. Mais, par ce que nous venons de dire, il ne ſe fera pas un angle rectiligne au point C, ou un mixte C N A; mais le fil de fer prendra une courbure comme N I C G M; & les parties reſtantes N A, M B, ſuivront cette courbure; & tout le fil de fer prendra la courbure *a* N C M *b*, à peu près de même que ſi on l'avoit plié en le tenant par les deux bouts; & par conſéquent les extrémitez A & B iront en arrière, avant que de s'avancer du côté que le fil de fer eſt pouſſé. TAB. I. Fig. 15.

Pour en faire l'expérience, mettez un verre à boire vers l'extrémité A, en ſorte que ſa partie la plus avancée ſoit entre A & *a*, & un autre de même, proche du point B, chacun à trois ou quatre lignes de diſtance du fil de fer. Frappez fermement le fil de fer avec un bâton au point *q* pour le faire avancer vers D C, & vous verrez que ſes extrémitez choqueront les verres avec une telle force, qu'elles les caſſeront; ce qui ſeroit impoſſible, ſi ces extrémitez ne ſe mouvoient en arrière, avant que de s'avancer.

On verra un effet preſque ſemblable, & qui procéde des mêmes cauſes, ſi l'on tient une baguette flexible, horiſontalement au-deſſus d'une table à un pouce près; car ſi on la leve tout à coup avec une grande viteſſe, ſon extrémité ſe pliera vers la table, & la touchera avant que de s'élever.

Aïez encore un fil de fer en demi cercle, comme A B C, dont le diamétre ſoit d'environ deux pieds, & le ſuſpendez horiſontalement par des filets qui y ſoient atachés entre A & B, & B & C. Frappez-le fermement au point B, pour faire avancer ce point ſelon la ligne B F: les points A & C n'iront pas au commencement de leur mouvement ſelon les lignes A E, C D, paralleles à B F; mais ils iront à côté ſelon le diamétre A C prolongé de part & d'autre, ou à peu près. C'eſt ce qu'on expliquera par les mêmes raiſons du fil de fer qui caſſe les verres, & on le connoîtra par l'expérience, en mettant à côté une petite boule comme au point I, & une autre comme au point N: car la boule I ira comme en I L, & la boule N en N M, quand même la boule I ſeroit à deux pouces, à côté du point C dans le diamétre A C prolongé, & la boule N à deux ou trois lignes près de l'extremité C dans la ligne C D: & ſi l'on met quelque plan vertical parallele au diamétre A C, en même ſituation que la ligne N O, & qu'on met- TAB. II. Fig. 16.

te un peu de cire en pointe qui couvre l'extrémité C, lorſqu'on pouſſera fermement le point B vers F, le mouvement du bout de la cire ſe fera par une ligne ſenſiblement parallele à N O; ce que l'on connoîtra, parce le petit bout de la cire conſervera ſa figure; ce qui fera voir qu'elle n'aura pas touché, en s'écartant vers O, la ſurface repréſentée par la ligne N O.

TAB. I. Fig. 14. Ces choſes étant ſuppoſées, il eſt aiſé de faire voir ce qui a été propoſé à l'égard du cerceau. Car le point D étant pouſſé comme juſques en G, les extrémitez A & C du demi cercle A D C, doivent s'avancer à côté en s'éloignant du centre, de même que le point C de la figure ſeizième. Or ce point C du cercle entier demeurera dans la ligne en l'air A C L, & ſera comme au point L, lorſque le point D ſera comme en G; ou il ſera un peu plus avant comme en N, ou un peu en arrière comme en O. Si donc on ſuppoſe que le point D étant en G, le point C ſoit en L, & le point A en M; la ligne circulaire A B C prendra une courbure comme M G L. Or ſi le point B en cet inſtant demeuroit immobile, le reſte du cercle, ſçavoir A B C, prendroit une courbure, comme M B L; & en cet état il ſeroit plus étendu qu'auparavant: car la ligne courbe M D L étant ſuppoſée ſemblable à M B L, la courbe D L B ſeroit plus grande que la circulaire D C B, & D M B plus grande que D A B. Donc leurs moitiez L B, M B, ſeroient plus grandes que B C, A B; & elles le ſeroient encore plus, ſi le point B s'étoit déja avancé en F. Il eſt donc néceſſaire que la partie L B M, pour conſerver ſon étenduë naturelle, retourne en arrière, en ſorte que le point B étant en E, la ligne courbe L E M ſoit égale à la circulaire A B C. La même choſe arrivera, & à plus forte raiſon, ſi le point C étoit allé en O.

TAB. I. Fig. 14. Suppoſons maintenant que le point D étant en G, le point C ſoit en N, à deux ou trois lignes du point L; car par ce qui a été dit du fil de fer en demi cercle, il ne s'avance pas plus loin en s'écartant, au commencement du mouvement du point D: & imaginons que les deux points A & C, étant tirés par force en I & P, ſelon le diamétre A C prolongé, les deux parties A B C, A D C, ſe touchent ſelon toute leur étenduë. En ce cas, il eſt évident que le point C ſeroit éloigné du centre H, de la diſtance H C plus la moitié de H C plus $\frac{1}{11}$, ſuppoſant que la circonférence A B C D ſoit égale à trois fois le diamétre A C plus $\frac{1}{7}$; & par conſéquent que le point C ſe ſeroit éloigné de ſa première ſituation, d'environ la moitié de H C plus $\frac{1}{11}$, & que le point B étant alors au point H, il ſe ſeroit mû par une ligne preſque double de la ligne C I ou A P. D'où il s'enſuit que lorſqu'au commencement de cette extenſion le point C eſt en L, & le point B en E, B E doit être plus grande que B L, & il eſt évident que ſi un quarré étant inſcrit dans le cercle A B C D, la ligne L E étoit égale au côté de ce quarré, & le demi diamétre H C de la longueur de 100 pouces; la ligne H E ſeroit moindre que 99 pouces,

ces, ſi H L étoit de 101; & par conſéquent C L ſeroit moindre que B E. Il paroît donc, que lorſque le point C eſt en L, & le point B en E, B E doit être plus grande que C L. Or ſuppoſant que C L ſoit ſeulement de douze lignes, & B E de treize lignes, & que le point C s' écartant à côté juſques à douze lignes s'avance en N à une diſtance de quatre lignes de C I, quoiqu'il ne doive pas s'avancer de plus de deux ou trois lignes par l'expérience ci-deſſus; il eſt manifeſte que le point B reculera encore de neuf lignes, & que ſi C I. eſt de ſix lignes & B E de ſix lignes ½ ſeulement, il reculera encore de deux lignes plus ½ du côté de D, avant que d'aller vers F.

La preuve par l'expérience en eſt facile, en ſuſpendant une petite balle de feutre ou de bois, à deux ou trois lignes du point B, entre B & E, au-dedans du cercle: car lorſqu'on frappera fermement le point D, pour pouſſer le cerceau vers F, la petite balle viendra en arrière avec une grande force du côté de D; ce qui n'arriveroit pas, ſi le point B ne s'étoit approché du point E par le choc. D'où il s'enſuit que le point B ne s'avance pas en même tems que le point choqué D, mais qu'il va en arrière du côté de D, avant que d'aller en F; ce qu'on s'étoit propoſé de prouver & d'en donner les cauſes naturelles.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que ſi une boule creuſe à reſſort eſt choquée directement par une autre, la partie oppoſée à celle qui eſt frappée, retourne un peu en arrière avant que de s'avancer; car l'effet doit être ſemblable à celui d'un anneau à reſſort: & même quand la boule choquée ſeroit ſolide, il ſe doit faire un mouvement de frémiſſement ou tremblement en toutes ſes parties, qui les fait approcher & éloigner de leur centre par une eſpéce de vibration; & par conſéquent les boules dures à reſſort, comme celles de jaſpe, de verre & d'yvoire, doivent ſuivre la même Loi à peu près qu'un annean de fer à reſſort, lorſqu'elles ſont choquées directement par une autre, c'eſt-à-ſçavoir, que la partie oppoſée à celle qui eſt choquée, doit reculer un peu en atrière avant que de s'avancer.

PROPOSITION XXVIII.

SOient A, B, C, trois boules d'yvoire ou d'autre matière à reſſort ferme, égales entre elles, & contigues; & qu'une autre boule D, de même matière & de même peſanteur, choque directement la boule C, ſelon la ligne A D qui joint leurs centres; les boules C & B demeureront en repos après le choc, & la boule D auſſi, & la ſeule boule A s'avancera avec la même viteſſe qu'avoit la boule D avant le choc: & quelque nombre de boules qu'il y ait de ſuite, ſoit deux ou trois ou qua- TAB II. Fig. 17.

quatre, &c. il n'y aura toûjours que la plus éloignée qui ſe mettra en mouvement.

TAB. II. Fig. 18. Que s'il y a deux boules comme E & F qui ſe touchent, & qui choquent enſemble pluſieurs boules qui ſe touchent auſſi, comme *a*, *b*, *c*, *d*, ſelon la ligne de direction *a* F; les deux boules E & F s'arrêteront, & les autres demeureront auſſi en repos, à la reſerve des deux dernières *a* & *b*, qui s'avanceront enſemble avec la même viteſſe des deux E & F.

Que s'il y a trois boules qui choquent, il n'y aura que les trois dernières *a*, *b*, *c*, qui s'avanceront avec la viteſſe commune des trois qui auront choqué, & toutes les autres demeureront en repos; & ainſi à l'infini, en tel nombre que puiſſent être les boules qui choquent & celles qui ſont choquées.

TAB. II. Fig. 17. Pour expliquer ces effets, il faut conſidérer les trois boules A, B, C, comme ſi elles ne ſe touchoient pas, & qu'il y eût entre elles une petite diſtance comme d'un quart de ligne: car en ce cas il eſt évident par la Propoſition ſeizième, que la boule D choquant la boule C, donnera ſa viteſſe & demeurera en repos; & que la boule C donnera ſa viteſſe à la boule B; celle-ci à la boule A, & ainſi de ſuite s'il y en a plus de trois. Or le même doit arriver quand les trois boules, A, B, C, ſe touchent: car, par la Conſéquence de la précédente, la boule C étant frappée, ſa partie contigue à la boule B, ira en arrière au commencement du choc; & par conſéquent elle s'en ſéparera & ne lui ſera plus contigue, & le même effet s'enſuivra que ſi elle n'eût pas touché la boule B, à l'inſtant du choc; c'eſt-à-dire, qu'elle prendra la viteſſe de la boule D, & la donnera enſuite à la boule B, & celle-ci à la boule A, par les mêmes raiſons: & quand il y en auroit davantage, elles prendront de ſuite la viteſſe de la boule D, & il n'y aura que la dernière qui s'avancera avec cette viteſſe, toutes les autres demeurant en repos; ce qu'on trouvera conforme à l'expérience, ſi l'on ſuſpend de ſuite deux ou trois boules d'yvoire égales, en ſorte qu'elles ſe touchent préciſément, & qu'on faſſe choquer la première directement par une autre boule d'yvoire de même poids, par le moïen de la machine de la première Propoſition.

TAB. II. Fig. 18. On fera la preuve de même, à l'égard des boules E, F, & *a*, *b*, *c*, *d*. Car ſi elles étoient un peu ſéparées l'une de l'autre, lorſque la boule E choque la boule *d*; la boule *d* prendroit la viteſſe de la boule E, & la donneroit à la boule *c*, & ainſi de ſuite juſques à la boule *a*, par la ſeizième Propoſition. Mais la boule F, qui ſuivoit la boule E, avec la même viteſſe, la rencontre en repos après avoir été arrêtée par la boule *d*, & par conſéquent elle lui donnera ſa viteſſe, celle-ci à la ſuivante *c*, & ainſi de ſuite juſques à la boule *b*, qui prendra à ſon tour la même viteſſe, avec laquelle elle ſuivra la boule *a*. Or ſi les deux boules E & F ſe touchent avant le choc, & les quatre autres auſſi; les mêmes effets doivent arriver, parce qu'au commencement du choc la boule

le F. ſe ſépare un peu de la boule F, & fait ſéparer la boule *d* de la boule *c*, par la Conſéquence de la précédente, & ainſi de ſuite; & par les mêmes raiſons ci-deſſus, les deux ſeules boules *a* & *b* s'avanceront enſemble avec la viteſſe des deux E & F qui demeureront en repos, auſſi bien que les deux autres *c* & *d*; & s'il y en a trois qui choquent, les trois dernières ſeules s'avanceront, & ainſi à l'infini. Nous avons donc fait voir les cauſes de ces effets ſelon qu'il avoit été propoſé. On fera facilement l'expérience de tous ces effets avec des dames de tric-trac, en les faiſant gliſſer ſur une table bien unie; car on verra qu'il y en aura toûjours autant qui s'avanceront, qu'on en aura pouſſées enſemble avec la main, contre une autre, ou contre pluſieurs.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

SECONDE PARTIE.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION I.

SI l'on fait choquer dans un bateau ſe mouvant d'une viteſſe uniforme, des boules d'yvoire ou d'autre matière à reſſort ferme, par le moïen de la machine décrite en la première Propoſition de la première Partie, les mêmes effets paroîtront à ceux qui ſeront dans le bateau, que ſi le bateau étoit immobile; c'eſt-à-dire, que ſi l'on fait choquer deux boules égales avec des viteſſes égales, apparentes, elles paroîtront ſe reculer avec les mêmes viteſſes qu'elles avoient avant le choc: & dans les autres manières différentes de choquer, ſoit que les boules ſoient égales ou inégales, les effets TAB. I. Fig. 3.

paroîtront conformes à ceux qui ont été prouvés dans la première Partie.

TAB. II. Fig. 19. Soient donc deux boules égales A & B, ſe mouvant avec le mouvement d'un bateau, ſelon les lignes AE, BF, paralleles entre elles, & qu'on faſſe choquer B contre A directement, avec la viteſſe BA ſuppoſée uniforme, le bateau ſe mouvant ſelon la viteſſe AE, ou BF qui lui eſt égale; il eſt évident par la ſeconde Propoſition de la première Partie, que la boule B ira par la ligne BE, puiſque ſon mouvement eſt compoſé du mouvement BF ſelon la ligne BF, & du mouvement BA ſelon la ligne BA: mais B après le choc en E paroîtra s'arrêter, & A paroîtra s'avancer avec la viteſſe EH égale à BA, ſelon la ligne FEH; & parce que le bateau les emporte toûjours avec la même viteſſe, la boule A ſera en G, lorſque la boule B ſera en C, ſi EC eſt égale à AE, & CG à EH, & la boule A ſera avancée après le choc, par la diagonale EG avec la même viteſſe uniforme, qu'avoit la boule B avant le choc par la diagonale BE. Il eſt donc évident que la boule B ne perd rien de ſon mouvement de B en F; ce qui procéde de ce que les mouvemens paralleles AE, BF, ne ſont point oppoſés, & par conſéquent ne ſe retardent pas l'un l'autre: mais qu'elle perd celui de B en A, parce qu'en ce ſens elle rencontre la boule A directement; ce qui fait que la boule A après le choc doit aller avec une viteſſe compoſée du mouvement de E en H, & de celui de E en C: d'où il s'enſuit que ſi le bateau étant en repos, on pouſſe la boule B ſelon la ligne BE avec la viteſſe BE, & la boule A ſelon la ligne AE avec la viteſſe AE; la boule A, après le choc en E, ira ſelon la ligne EG, avec la viteſſe EG, (faiſant abſtraction du mouvement de peſanteur vers la terre,) puiſque les viteſſes & les directions des boules ſeront les mêmes devant le choc, qu'elles étoient dans l'hypothèſe première du mouvement du bateau; & par conſéquent les effets doivent être les mêmes. Puis donc qu'en cette dernière hypothèſe, la boule A ſe meut comme elle feroit ſi elle avoit reçû les deux mouvemens de E en H, & de E en C en même tems; & que le mouvement de la boule B en E avant le choc eſt le même que s'il avoit été produit par un mouvement de B en F, & de B en A, & qu'après le choc elle va du ſeul mouvement de B en F, ou de E en C, qui eſt le même que celui de A en E avant le choc. On peut conclure qu'en tout choc de boules à reſſort qui ſe choquent obliquement, comme A & B au point E, ſelon les directions & les viteſſes des lignes AE, BE, on trouvera la direction & la viteſſe de chaque boule après le choc en tirant la ligne EH parallele & égale à AB, & la ligne HG parallele & égale à AE, ſi les boules ſont égales; car EG ſera la viteſſe & la direction de la boule A après le choc, & EC étant ſuppoſée égale & parallele à BF, ſera la viteſſe & la direction de la boule B après le choc. Il paroît auſſi que la viteſſe réſpective avec laquelle ces boules ſe ſépareront, ſera égale à celle

celle avec laquelle elles s'étoient rencontrées en E; puiſque CG eſt égale à BA.

Soient maintenant les deux boules A & B molles & ſans reſſort ſe rencontrant obliquement en C, avec les viteſſes égales AC, BC, la diſtance de ces boules avant leur mouvement étant AB diviſée également en D; je dis que ſi on continue directement DC en CE, & que CE ſoit égale à DC, la ligne CE ſera la viteſſe & la direction des deux boules jointes enſemble après le choc. Car ſoient tirées les lignes AKG, BHI, égales & paralleles à DE, & KCH parallele & égale à AB: il eſt manifeſte que les mouvemens de ces boules ne ſont point contraires ſelon les paralleles AK, BH, mais ſeulement ſelon les lignes AD, BD, ou KC, HC: & ſi on les pouſſoit directement l'une contre l'autre dans un bateau avec les viteſſes AD, BD, elles s'avanceroient ſelon les lignes AC, BC, à cauſe du mouvement du bateau, s'il s'avançoit pendant le même tems de D en C: & ſi elles étoient demeurées immobiles en apparence, elles ſeroient allées ſelon les lignes AK, BH, égales & paralleles à DC; mais après le choc elles continueroient à aller enſemble avec la même viteſſe du bateau ſelon la direction & la viteſſe CE; & par ce qui a été dit ci-deſſus, ſi on les fait choquer hors du bateau ſelon les lignes AC, BC, & qu'elles s'atachent enſemble, elles continueront leur mouvement ſelon la direction DCE avec la viteſſe CE. TAB. IV. Fig. 41.

Que s'il y avoit une boule au point C, immobile & égale en poids aux deux enſemble A & B, les trois boules jointes iroient avec la viteſſe CM moitié de CE, conformément à la Propoſition 10e. La même choſe arrivera ſi les deux boules ſe rencontrent plus ou moins obliquement, la diſtance des boules avant le choc étant toûjours ADB; car la ligne DC, qui ſera plus grande ou moindre quand le choc ſera plus ou moins oblique, ſera toûjours la meſure de la viteſſe des deux boules après le choc.

Il eſt encore évident par ce qui a été dit dans cette Propoſition, que ſi ces boules A & B ont reſſort, & que AC ſoit continuée directement en I, & BC en G, AKG & BHI étant paralleles & égales à DCE; CG ſera la direction & la viteſſe de la boule A, & CI celle de la boule B, après qu'elles ſe ſeront rencontrées en C avec les viteſſes AC, BC.

On fait abſtraction, dans cette Propoſition & dans les trois ſuivantes, de l'épaiſſeur des boules, & on les conſidére comme ſi elles étoient réduites à leur centre de peſanteur, pour faciliter l'intelligence des démonſtrations.

PROPOSITION II.

SOient deux boules à reſſort, inégales, A & B, & que la plus peſante A, rencontrant B directement, lui donne la viteſſe BE, & conſerve la TAB. II. Fig. 20.

viteſſe BC, par les régles de la première Partie: je dis que ſi elles ſe choquent obliquement en D, avec les viteſſes propres AD, BD, enſorte qu'au moment de leur choc, leurs centres ſoient dans la ligne LDG perpendiculaire à BD, & que DF ſoit égale & parallele à BC, & FI parallele & égale à BD; DI ſera la viteſſe & la direction de la boule A après le choc: & DG étant égale & parallele à BE, & GH à BD; la ligne DH ſera la viteſſe & la direction de la boule B après le choc. Car il eſt évident que le mouvement de la boule A, par la ligne AD, eſt de même que s'il étoit compoſé des mouvemens par AB, & par AL parallele & égale à BD. Or le mouvement par AL n'étant point oppoſé au mouvement de la boule B, par BD, les deux boules ne ſouffrent rien l'une de l'autre par ces mouvemens, & les doivent toûjours conſerver. Mais à l'égard du mouvement par AB, les boules doivent s'avancer, ſçavoir A par DF égale à BC, & B par DG égale à BE: d'où il s'enſuit que la boule A, après le choc, ira par un mouvement compoſé des deux mouvemens DF ou BC, & FI ou AL, & que la ligne DI ſera ſa viteſſe & ſa direction; & que la boule B, par les mêmes raiſons, aura la ligne DH pour ſa viteſſe & ſa direction, ce mouvement étant compoſé de DG égale à BE, & de GH égale à BD: il s'enſuit auſſi que la viteſſe reſpective des deux boules ſera toûjours la même, puiſque HI eſt égale à AB.

TAB. II. Fig. 21. Mais ſi ABCD eſt un rectangle, que la boule A ſoit triple de la boule B, & que CD étant diviſée également en E, & AB en G, A & B ſe rencontrent en E avec les viteſſes égales AE, BE; ces viteſſes & ces directions ſeront les mêmes que ſi elles étoient compoſées des viteſſes AG, AD, & BG, BC, dont les unes, ſçavoir les viteſſes & les directions AD, BC, ne ſont point oppoſées & doivent demeurer en chaque boule après le choc. Mais d'autant que, par ce qui a été dit dans la première Partie, ſi A & B ſe choquoient en G ſans avoir d'autres mouvemens, A demeureroit en repos en G, & B reculeroit avec la viteſſe GF, double de BG; ſi CH eſt parellele & égale à BF, & HI égale & parellele à BC, EI après le choc ſera la viteſſe & la direction de la boule B, & EL étant égale & parallele à AD, EL ſera la direction & la viteſſe de la boule A après le choc. On trouvera par de ſemblables raiſonnemens fondés ſur les Propoſitions précédentes, les viteſſes & les directions après le choc des autres boules qui ſe choquent obliquement, ſoit que les viteſſes ſoient égales ou inégales, ou que l'une ſoit en repos.

PROPOSITION III.

TAB. II. Fig. 22. SOient A & B deux boules égales, & que A choque B en repos ſelon la ligne A *a*, & ſoient joints les centres des boules par la ligne D *a* F, laquelle étant ſuffiſamment prolongée, ſoit abaiſſée ſur elle la per-

perpendiculaire AD; puis ſoit tirée AG parallele & égale à D*a*; on tirera auſſi G*a*, qu'on prolongera en H, juſques à ce que *a*H ſoit égale à G*a*. Il ſe voit par ce qui a été dit ci-deſſus, que le mouvement par A*a* eſt comme s'il étoit compoſé des mouvemens par AD & par AG, l'un deſquels, ſçavoir AD ou G*a*, n'eſt point oppoſé à la boule B, mais bien AG ou D*a*. Donc après le choc la boule B prendra toute la viteſſe AG, ſelon la ligne DBF parallele à AG, & BF égale à AG ſera la viteſſe & la direction de la boule B par la Propoſition ſeizième de la première Partie. Mais la boule A conſervera la viteſſe AD ou *a*H ſelon la direction de la ligne *a*H parallele à AD. On trouvera de même, lorſqu'une boule à reſſort en choque obliquement une autre égale en repos, la viteſſe & la direction de chaque boule après le choc, quelle que ſoit l'obliquité du choc.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que ces boules en ſe ſéparant ont toûjours la même viteſſe reſpective, & que leurs lignes de direction, comme *a*H, *a*F, comprennent toûjours un angle droit; puiſque les triangles F*a*H, AD*a* ſont ſemblables & égaux. Il eſt vrai que, ſi la boule A choque en roulant la boule B, l'angle F*a*H ne ſera pas droit: car la boule A conſervera ſon mouvement circulaire, comme il a été dit dans la Propoſition ſeizième de la première Partie; ce qui lui donnera un mouvement compoſé de ce mouvement circulaire de A vers F, & du mouvement par *a*H, & la fera aller par une autre ligne comme *a*M, faiſant un angle aigu avec la ligne *a*F; & ſi les boules n'ont pas un reſſort parfait, l'angle ſera encore plus aigu.

Que ſi la boule B eſt plus peſante que la boule A, il faudra ſe ſervir des regles de la première Partie. Par exemple, ſi B eſt trois fois plus peſante, elle ne s'avancera que juſques en I, ſi BI eſt égale à IF, & ſi IIL eſt égale à *a*I, & parallele à D*a*, *a*L ſera la viteſſe & la direction de la boule A après le choc, ſon mouvement étant alors compoſé du mouvement par *a*H ou AD, & de celui par HL égale à *a*C moitié de D*a*, puiſque ſi elle choquoit directement la boule B, avec la viteſſe D*a*, elle reculeroit avec une viteſſe égale à la moitié de D*a*. Il paroît auſſi qu'en ce dernier cas la viteſſe reſpective devant & après le choc ſera la même; puiſque FI étant égale & parallele à HL, la diſtance des boules en I & L, ſera égale à leur diſtance en F & H, c'eſt-à-dire, en A & *a*: & les tems par A*a*, *a*H, HL, BF, BI, ſeront auſſi égaux, les viteſſes étant ſuppoſées uniformes, ſelon la première Suppoſition.

On trouvera par de ſemblables raiſonnemens les directions & les viteſſes des autres boules après leur choc, en telles raiſons qu'elles ſoient l'une à l'autre, & quelles que ſoient leurs viteſſes propres, & l'obliquité de leur choc.

PROPOSITION IV.

LE centre commun de peſanteur de deux boules qui ſont pouſſées pour ſe choquer avec des viteſſes uniformes, ſe meut toûjours ſelon la même direction & avec la même viteſſe devant & après le choc. Et ſi ce centre demeure en repos dans le mouvement qui précéde le choc, il demeurera auſſi en repos après le choc.

TAB. I. Fig. 7. Suppoſons premièrement que les boules A & B ſoient ſans reſſort, & qu'elles ſe rencontrent directement au point C avec les viteſſes AC, BC, réciproques à leurs poids; il eſt évident que C eſt leur centre commun de peſanteur, & que ce centre demeurera en repos pendant le mouvement des deux boules; & parce qu'elles s'arrêtent l'une l'autre en ce point, par la 6e. Propoſition de la première Partie, ce centre demeurera auſſi en repos après le choc. Que ſi elles ſe rencontrent en un autre point, comme D, ce centre qui étoit au point C, ſe ſera avancé avec la viteſſe CD: mais par la treizième Propoſition de la première Partie, les deux boules iront enſemble après le choc, avec la viteſſe DE égale à CD; donc ce centre commun ira encore avec la même viteſſe de même part, & ſelon la même direction. On prouvera la même choſe par les mêmes raiſons, en quelque endroit de la ligne AB qu'on prenne ce point D, ſoit entre les points A & B, ſoit en l'un ou l'autre de ces points, ſoit au-delà, comme en H ou I, cette ligne étant prolongée.

Que ſi les boules ſont à reſſort, & qu'elles ſe rencontrent directement au point C, avec les viteſſes AC, BC, reciproques à leurs poids, elles retourneront en arrière avec les mêmes viteſſes, par la Propoſition 15e. de la première Partie; & par conſéquent leur centre commun de peſanteur demeurera en repos devant & après le choc.

TAB. I. Fig. 7. Soit maintenant D, le point où elles ſe rencontrent directement avec les viteſſes AD, BD. Or ſi elles étoient ſans reſſort, elles s'avanceroient enſemble avec la viteſſe commune DE, égale à CD, par la Propoſition 13e. de la 1e. Partie. Mais le reſſort donne à la boule A, la viteſſe AC en arrière & la boule B, la viteſſe CB de même part, indépendamment du mouvement ſimple DE, par la ſeconde Conſéquence de la Propoſition quinzième; & par conſéquent la même choſe doit arriver, que ſi ces boules étant au point E, elles ſe ſéparoient avec ces viteſſes. Mais le point E ſeroit alors leur centre commun de peſanteur, parce que ces viteſſes ſont réciproques aux poids des boules, & DE eſt égale à CD, & le tems par DE eſt égal au tems par CD. Donc ce centre ira avec la même viteſſe & ſelon la même direction devant & après le choc.

On emploïera la même preuve en quelque autre endroit qu'on prenne le point *d*. Car s'il eſt entre C & B, ou au point B, ou au-delà, comme en H, la viteſſe de la boule B après le choc ſera toûjours égale à la ſomme des viteſſes C*d*, BC; & celle de la boule A ſera egale

à

à la différence des viteſſes A C, C *d*, par la dix-neuvième Propoſition: & parce qu'elles doivent s'éloigner l'une de l'autre d'une diſtance égale à A B par le mouvement de reſſort, en un tems égal à celui qu'elles emploïent à ſe rencontrer au point *d*, par la quinzième Propoſition de la première Partie; il s'enſuit qu'à la fin de ce tems, la boule A ſera éloignée du point *e*, d'une diſtance égale à A C, & la boule B, d'une diſtance égale à B C; & par conſéquent le point *e* ſera alors leur centre commun de peſanteur, & ce centre ſera allé auſſi vîte après le choc qu'avant le choc, puiſque *d* G eſt toûjours égale à C D, quelque grandeur qu'ait la ligne C D, par la treizième Propoſition de la première Partie. La même choſe arrivera, ſi le point D eſt entre A & C, ou au point A, ou au-delà dans la même ligne A B polongée.

EXEMPLE EN NOMBRES.

Soit la boule A du poids de 3 onces, & la boule B du poids d'une once, & que la boule A, ſe mouvant ſeule, choque la boule B avec une viteſſe uniforme de quatre degrez. Or après le choc la boule A ira avec une viteſſe de deux degrez, & la boule B avec une viteſſe de ſix degrez par les régles de la première Partie. Il eſt donc manifeſte que ſi leur diſtance avant le choc eſt de quatre pieds, leur centre commun de peſanteur décrira une ligne de trois pieds avant le choc: & parce que dans un tems égal à celui qui a précédé le choc, la boule A s'avance de deux pieds après le choc, & qu'alors ce centre commun eſt à un pied au-delà, à cauſe que la boule B eſt alors éloignée de la boule A d'une diſtance de quatre pieds; il s'enſuit que ce centre eſt allé avec la même viteſſe devant & après le choc.

Suppoſons maintenant que le choc des boules ſoit oblique, & que la boule A choque la boule B en repos avec la viteſſe A *b*. Or ſi les boules ſont égales, le point C ſera le centre commun de peſanteur des deux boules avant le choc, ſi A C eſt égale à C *b*. Suppoſons auſſi que D *b* E ſoit la ligne qui joint les centres des boules à l'inſtant du choc, que A D ſoit perpendiculaire à E D, D *b* égale à *b* E, & *b* F égale & parallele à D A; & aiant diviſé E F également en G, ſoit tirée *b* G. D'autant que, par la Propoſition précédente, *b* E eſt la viteſſe & la direction de la boule B après le choc, & *b* F celle de la boule A; ces boules ſeront allées en F & E, dans un tems égal à celui où s'eſt fait le mouvement de A en *b*: & parce que les triangles A *b* D, E *b* F ſont ſemblables & égaux, ſi C H & G I ſont perpendiculaires à E D, le triangle E G I ſera égal & ſemblable au triangle H *b* C & le triangle G I *b* égal & ſemblable au triangle H *b* C; donc les angles G *b* I, H *b* C ſeront égaux, & par conſéquent C *b* G ſera une ligne droite. Mais le point G eſt le centre commun de peſanteur des deux boules, lorſqu'elles ſont en E & F, & *b* G eſt égale à C *b*. Donc le cen-

TAB. III. Fig. 26.

centre C ſe ſera mû après le choc par la ligne *b*G, égale à la ligne C*b*, par laquelle il s'étoit mû avant le choc, & ces deux lignes ſont parties d'une même ligne droite; & par conſéquent la viteſſe de ce centre ſera egale devant & aprés le choc, & ſa direction ſera la même.

On tirera la même conſéquence, ſi la boule A eſt plus peſante que la boule B, & on en ſera la preuve en cette ſorte.

TAB.III. Fig. 27. Soit A la plus peſante, & la ligne A*b* étant diviſée au point C en raiſon réciproque des poids des boules, ſoit D*b*E, la ligne qui joint les centres des boules à l'inſtant du choc, ſur laquelle ſoit abaiſſée la perpendiculaire CH; & aiant pris *b*I égale à H*b*, IL égale à HD, & IE à H*b*, on ſera LF égale & parallele à AD, & on tirera IG perpendiculaire ſur ED rencontrant EF en G. D'autant que, par les Propoſitions précédentes, le mouvement A*b* eſt compoſé des deux AD, D*b*; & que par le mouvement D*b*, la boule A après le choc ſe ſeroit avancée en L, & la boule *b* en E, dans un tems égal au tems par D*b*, & I ſeroit leur centre commun de peſanteur; & que LF étant égale & parallele à AD, *b*F ſeroit la viteſſe & la direction de la boule A par le mouvement compoſé de *b*L, & LF: les deux boules ſeront à la fin du même tems aux points E & F. Or le triangle FEL eſt égal & ſemblable au triangle A*b*D, & le triangle IEG au triangle H*b*C; & par conſéquent le point G ſera le centre commun de peſanteur des deux boules étant en F & E, & IG ſera égale à HC, G*b* à *b*C, & l'angle G*b*I à l'angle C*b*H. Donc C*b*G ſera une ligne droite: & le centre C s'étant mû par C*b* avant le choc, & après le choc par *b*G, en un tems égal; il s'enſuit que ſa viteſſe & ſa direction aura été la même devant & après le choc. On prouvera la même choſe par de ſemblables raiſonnemens, ſi la boule A eſt moins peſante que la boule B.

TAB. II. Fig. 21. Soient encore les deux boules inégales A & B, ſe rencontrant avec des viteſſes égales au point E. D'autant que, par la ſeconde Propoſition de la ſeconde Partie, LI eſt égale à AB, & que dans un tems égal à celui des mouvemens par AE & BE, les deux boules ſe ſont avancées du point E en L & en I, & que le point M eſt le centre commun de peſanteur des deux boules avant leur mouvement, le poids A étant triple du poids B, & la ligne BM triple de MA; ME ſera la direction & la viteſſe de ce centre avant le choc. Or ſi PL eſt le quart de la ligne LI, P ſera le centre commun de peſanteur des deux boules étant en L & I; & ſi l'on tire EP, les deux triangles MEG, PEL ſeront égaux & ſemblables, & par conſéquent MEP ſera une ligne droite, & EP ſera égale à ME. Donc ce centre commun ſe ſera avancé après le choc avec la même viteſſe & la même direction qu'avant le choc. On pourra faire voir la même choſe dans tous les autres cas par de ſemblables raiſonnemens, lorſque deux boules ſans reſſort ſe choquent directement, ou que deux boules à reſſort ſe choquent directement ou obliquement.

PRO-

PROPOSITION V.

A B F repréſente une ligne d'une ſurface de verre ou d'autre matière facile à être briſée, & C eſt une petite boule qui étant pouſſée perpendiculairement en D, contre A B, avec la viteſſe C D, ne romproit point cette ſurface; mais étant pouſſée un peu plus fort elle la romproit. Je dis que ſi C E eſt égale & parallele à B D, & qu'en même tems que l'on pouſſe la boule C vers D, avec la même viteſſe C D, on la pouſſe auſſi vers E avec la viteſſe C E, en ſorte qu'elle aille par la diagonale C B, avec la viteſſe C B, elle ne rompra point la ſurface de verre; & que ſi elle eſt pouſſée un peu plus fort, elle la rompra. Car, par ce qui a été dit ci-deſſus, la boule C ne choque A B que par la force de la viteſſe reſpective C D, ou E B, qui lui eſt égale, la viteſſe C E ne lui étant point oppoſée; & par conſéquent elle fait le même effort préciſément, que lors qu'elle la choque en D, avec la ſeule viteſſe C D: D'où il ſuit que, ſi la boule C eſt pouſſée par la ligne C B avec la viteſſe C B, elle ne rompra point la ſurface repréſentée par A F, puiſqu'elle n'aura que la même force pour cet effet qu'elle avoit étant pouſſée par les deux mouvemens C E, C D, laquelle force eſt à la force qu'elle auroit ſi elle rencontroit directement la ſurface A B avec la viteſſe C B, comme la ligne C D eſt à la ligne C B. TAB II. Fig. 23.

SECOND PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION VI.

A B C D eſt un vaiſſeau cylindrique d'une pied de hauteur & d'un pied ou deux de diamétre de baſe, aiant en ſon fond un tuïau recourbé E F I de trois ou quatre pouces de largeur: C E D K I G eſt une ligne horiſontale. Il eſt manifeſte par l'expérience, que ſi on applique un petit tuïau I N L de ſix lignes de largeur au-deſſus du tuïau recourbé, & qu'on verſe de l'eau dans le vaiſſeau A B C D, qu'elle coulera dans le tuïau E F I, & qu'elle le remplira entiérement, avant que de s'élever au-deſſus du fond C E D; c'eſt-à-dire, qu'elle ſe mettra de part & d'autre à la hauteur E I, & qu'à meſure qu'on verſera davantage d'eau, elle ſe mettra toûjours de niveau dans le vaiſſeau & dans le petit tuïau: comme ſi H M N eſt une ligne horiſontale, la ſurface de l'eau ſera en M dans le vaiſſeau quand elle ſera en N dans le tuïau, & qu'enfin le vaiſſeau étant rempli juſques à la ligne horiſontale Q R, le petit tuïau ſera rempli juſques à S, ſi ce point eſt dans la même ligne Q R continuée. TAB IV*. Fig. 48.

L'expérience fera voir auſſi, que ſi le ſeul tuïau E F G étant plein d'eau on ferme avec le pouce l'extrémité L du petit tuïau, & qu'on acheve d'emplir le vaiſſeau juſques à la hauteur Q R; le petit tuïau ne s'emplira pas d'eau, à cauſe que l'air qui ne pourra ſortir, l'empêchera d'y monter: mais, ſi on leve le pouce tout à coup, l'eau montant aſſez vîte dans ce tuïau paſſera au-delà du point S; ce qui procéde de ce que l'eau allant à ſon niveau, ne peut monter dans le tuïau ni deſcendre dans le vaiſſeau ſans mouvement, & qu'elle doit le continuer par la premiére Suppoſition; de maniére que ſi on ſuppoſe que ſon niveau doive être en la ligne ponctuée V V, elle deſcendra plus bas que cette ligne dans le vaiſſeau, & montera plus haut dans le tuïau, & enſuite elle deſcendra plus bas que le même niveau dans le tuïau, & montera plus haut dans le vaiſſeau, & enfin aprés quelques autres balancemens elle s'arrêtera enfin de part & d'autre en la ligne V V.

L'expérience fera encore voir, que ſi on ôte le petit tuïau, laiſſant ſeulement une ouverture de ſix lignes au point I, & qu'aprés avoir fermé avec le pouce cette ouverture, le tuïau recourbé étant plein d'eau on acheve d'emplir le vaiſſeau juſques à la hauteur A B, & qu'on leve enſuite le pouce; l'eau ſortira de l'ouverture I avec une viteſſe ſuffiſante pour s'élever à la hauteur de la ligne A B. Mais parce qu'elle eſt un peu retardée par la réſiſtance de l'air, & par le frottement contre les bords de l'ouverture, il en manquera environ une demi ligne; que ſi le vaiſſeau a deux pieds de hauteur, il en manquera environ deux lignes, parce que le jet aura plus d'air à traverſer: d'où il ſera aiſé de juger, que ſans cette réſiſtance de l'air, & les autres empêchemens, l'eau monteroit auſſi haut que la ſurface de l'eau du vaiſſeau, & qu'elle a, à la ſortie de l'ouverture, une viteſſe ſuffiſante pour s'y élever, ſi elle n'étoit pas retardée.

CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition, que ſi la ſurface de l'eau eſt à différentes hauteurs dans le vaiſſeau, les viteſſes de l'eau jailliſſante par l'ouverture I au premier moment de ſa ſortie ſeront l'une à l'autre en raiſon ſous-doublées des hauteurs de la ſurface ſupérieure de l'eau. Car, par la ſeconde Suppoſition, les hauteurs où s'élevent les corps pouſſés perpendiculairement de bas en haut par des viteſſes différentes, ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des hauteurs où les corps s'élevent: & parce que les jets d'eau ont tous une viteſſe ſuffiſante pour s'élever à la hauteur de la ſurface de l'eau du vaiſſeau ou réſervoir, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air; il s'enſuit que ces viteſſes ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des différentes hauteurs de l'eau qui eſt dans le réſervoir.

PRO-

PROPOSITION VII.

ABCD eſt un cylindre creux, dont les deux baſes AD, BC, ſont de bois, & le reſte de cuir ſoûtenu & étendu par pluſieurs cerceaux de bois ou de fil de fer, comme FE, HI, LM, en ſorte qu'on puiſſe faire abaiſſer la baſe AD, fort près de la baſe BC, ſuppoſée inébranlable : N eſt un tuïau ajuſté à la baſe BC, par où l'air enfermé dans le cylindre peut ſortir : ce cylindre eſt chargé d'un poids P, ſur la ſurface AB ; & l'on ajuſte au-deſſous de ce cylindre une balance comme celle de la figure vingt-cinquième, en ſorte que la régle AB étant ſituée horiſontalement, ſon extrémité B ſoit fort près du tuïau N, & directement au-deſſous. TAB. III. Fig. 25.

Cela étant, je dis que ſi on met un poids G ſur l'autre côté de la balance, dont l'eſſieu CD eſt ſuppoſé tourner facilement ſur les pivôts C & D ; & que l'air que le poids P deſcendant fait ſortir avec violence par le tuïau N, choquant l'extrémité de la balance vers B, faſſe équilibre avec le poids G, ſuppoſé également diſtant de l'eſſieu CD : ce poids ſera au poids P, en même raiſon que la ſurface de l'ouverture du tuïau N, eſt à la ſurface entière de la baſe BC. Car, ſi par le moïen d'un ſoufflet dont le tuïau ſoit égal au tuïau N, on pouſſe de l'air contre l'ouverture N, avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait ſortir ; il ſe ſera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne deſcendra point, parce qu'il ne ſortira point d'air par l'ouverture du tuïau N : & alors l'air pouſſé par le ſoufflet rempliſſant cette ouverture ſoûtiendra ſa part du poids P, comme les autres parties de la baſe BC ſoûtiennent le reſte de ce poids ; & la partie que l'air pouſſé ſoûtiendra, ſera au poids entier P, dans la proportion de l'ouverture N, à la largeur entière de la baſe BC. Donc réciproquement l'air ſortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le ſoufflet, ſera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P, comme l'ouverture N eſt à la baſe BC.

Que ſi le cylindre eſt chargé ſucceſſivement de divers poids, pour faire deſcendre plus ou moins vîte la ſurface AD ; l'air qui ſortira par l'ouverture N, ſera équilibre, par ſon choc, avec des poids qui ſeront l'un à l'autre en même raiſon que les poids qui chargent ſucceſſivement la baſe AD. La raiſon eſt, que la proportion du grand poids au petit eſt toûjours la même que celle de la baſe BC à l'ouverture N. Donc les petits poids ſeront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de ſuite ſur le cylindre.

Le même effet arrivera ſi ABCD eſt un vaiſſeau cylindrique plein d'eau, ouvert par le haut. Car l'eau qui jaillira par l'ouverture N choquant le même bras de la balance, ſera équilibre avec un poids qui ſera au poids de toute l'eau du vaiſſeau, comme l'ouverture N eſt à toute la TAB. III. Fig. 26.

baſe BC ; & on le prouvera par les mêmes raiſons. Et d'autant que cette ouverture eſt à la baſe BC, comme tout le cylindre d'eau eſt au cylindre de même hauteur, qui a pour baſe l'ouverture N ; il s'enſuit que le poids qui ſera équilibre avec le jet d'eau ſortant par l'ouverture N, ſera égal au poids de ce petit cylindre d'eau.

Et quand même le vaiſſeau ſeroit plus ou moins large, pourvû que ſon diamétre fût cinq ou ſix fois plus grand que celui de l'ouverture N, le poids ſoûtenu par le jet ſeroit toûjours le même ; car il y auroit toûjours même raiſon de l'ouverture N à la baſe BC, que du poids du petit cylindre d'eau, au poids de toute l'eau du vaiſſeau.

Que ſi les hauteurs de l'eau dans le vaiſſeau étoient différentes, ſa largeur & celle de l'ouverture demeurant toûjours les mêmes, les poids ſoûtenus par les jets ſeroient entre eux en la raiſon de ces hauteurs différentes, puiſque ces poids ſeroient égaux aux poids des petits cylindres d'eau dont l'ouverture N ſeroit la baſe, & que ces petits cylindres d'eau aiant même baſe, ſeroient entre eux comme les hauteurs différentes de la ſurface ſurpérieure de l'eau.

Il eſt encore évident, que, ſi les ouvertures au point N étoient inégales, les jets qui ſortiroient par ces différentes ouvertures, ſoûtiendroient des poids qui ſeroient l'un à l'autre en raiſon doublée des diamétres de ces ouvertures. Car les cylindres qui ont même hauteur étant entre eux comme leurs baſes, & leurs baſes étant entre elles en raiſon doublée de leurs diamétres ; les poids des petits cylindres d'eau, & par conſequent les poids ſoûtenus par ces jets différens, ſeroient entre eux en raiſon doublée des diamétres des ouvertures : & parce que ces jets, par la Propoſition précédente, ont à leur ſortie la même viteſſe, il s'enſuit que les jets de même viteſſe & de différentes ouvertures ſoûtiennent des poids qui ſont entre eux en raiſon doublée des diamétres des ouvertures.

Or ſi on ferme le tuïau N, de la petite machine ABCD, & qu'on en ouvre un autre de même largeur tout auprès de la baſe AD, comme au point G ; l'air en ſortira avec la même viteſſe que par le tuïau N, ſi la baſe ſupérieure eſt chargée par le même poids P, & ſera équilibre avec le même poids par ſon choc. Que ſi l'on emplit d'eau la même machine, le jet qui ſe fera par l'ouverture G, par l'effort du poids P, fera le même effet que l'air ; c'eſt-à-dire, qu'il ſera équilibre par ſon choc, avec un poids qui ſera au poids P, comme l'ouverture G à toute la baſe BC, parce qu'alors le poids de l'eau ne contribuera rien à la force du jet, puiſqu'elle eſt toute au-deſſous, & que ſi un jet d'eau de même largeur & de même viteſſe choquoit celui qui ſort par l'ouverture G, il l'arrêteroit, & ſeroit équilibre avec lui, & ſoûtiendroit une partie du poids P, ſelon la proportion de l'ouverture G, à la ſurface de toute la baſe BC. D'où il s'enſuit un paradoxe aſſez ſurprenant ; ſçavoir, que l'air & l'eau qui ſortent ſucceſſivement par la même ouverture G, quelque poids qu'on mette ſur la baſe AD, élevent les mêmes

mêmes poids par leur choc, quoique l'eau ſoit d'une matière beaucoup plus peſante & plus denſe que celle de l'air: mais il arrive auſſi en récompenſe, que l'air ſort beaucoup plus vîte que l'eau; car on a trouvé par pluſieurs expériences, que ſi l'air qui eſt dans la machine, ſe vuide en l'eſpace de deux ſecondes, l'eau ne ſe vuidera qu'en quarante-ſix ou quarante-huit à peu près. D'où l'on doit conclure, qu'afin que l'air faſſe le même effet par ſon choc, que de l'eau de pareille largeur; il faut que ſa viteſſe ſoit environ 23 fois ou 24 fois plus grande que celle de l'eau. Il s'enſuit auſſi que ſi l'on ajuſte un tuïau aſſez long à l'ouverture G ou N, lorſque le poids P ſera deſcendu, & que ce tuïau ait trois lignes de diamétre d'ouverture; un homme ſoufflant dedans fera élever ce poids quand il ſeroit de 500 livres, ſi les baſes A D, B C, ont deux pieds de diamétre. Car on peut élever aſſez facilement le poids d'une once mis au bout d'une balance, en ſoufflant par un tuïau de verre de 3 lignes de diamétre contre l'autre bout de la balance à pareille diſtance. Mais l'ouverture de 3 lignes du petit tuïau N, eſt à la baſe B C de deux pieds de diamétre, comme 9 quarré de 3, à 82944 quarré de 288, qui eſt le nombre des lignes qui ſont contenues en deux pieds; & 9 eſt à 82944, comme une once à 576 livres. Donc l'air ſortant par l'ouverture N de trois lignes de diamétre, feroit équilibre avec le poids d'une once, ſi le poids P étoit de 576 livres; & réciproquement l'air qu'on pouſſeroit par un tuïau de trois lignes de largeur dans l'ouverture N, avec une force ſuffiſante pour faire équilibre avec une once dans l'air libre, ſoûtiendroit ce poids de 576 livres: & par conſéquent il éléveroit un poids de plus de 500 livres. D'où l'on peut conclure, que ſi on augmente la baſe de la machine, ou qu'on diminue l'ouverture du tuïau par lequel on ſouffle dans la machine, on élévera encore un plus grand poids: & qu'enfin on peut tellement augmenter cette baſe, & diminuer cette ouverture de tuïau, qu'on pourra élever tel poids qu'on voudra, poſé ſur la baſe A D. TAB. III. Fig. 25.

On peut ſe ſervir des régles de la Percuſſion, expliquée dans les Propoſitions précédentes, pour rendre raiſon de pluſieurs effets naturels. Nous prendrons pour exemple les effets du Tonnerre.

Il faut premiérement ſuppoſer que la matière du tonnerre eſt une eſpéce de bitume compoſé du mélange de pluſieurs particules ou exhalaiſons ſubtiles de ſoufre, de ſalpétre, de ſels volatiles, &c. dont l'air eſt tout rempli; ce qui ſe reconnoît par l'odeur de ſoufre, qu'il laiſſe dans les lieux où il tombe, & par ſon mouvement prompt, comme celui du ſalpétre & du ſel qu'on jette dans le feu.

Cette matière peut s'enflammer par pluſieurs cauſes; comme par le choc de la grêle, dont les nuées élevées ſont ordinairement pleines; ou par le choc d'une autre matière ſemblable, lorſqu'elles ſont pouſſées l'une contre l'autre, par les tourbillons des vents; ou enfin par les mêmes cauſes qui produiſent une très-grande chaleur dans une pierre

de chaux, lorſqu'on verſe un peu d'eau deſſus: ce qu'on peut juger, parce qu'il ne ſe fait point de tonnerre ou très-rarement, que dans les nuées qui commencent à ſe réſoudre en pluie, ou dont il tombe de la pluie; car quoiqu'on voïe quelquefois des éclairs pendant un beau tems, cela procéde de quelque nuée qui eſt au bord de l'horiſon, laquelle on ne voit pas, & dont l'éloignement empêche qu'on n'entende le bruit du tonnerre.

Il faut encore conſidérer ce qui arrive au ſalpétre, à la poix, à la ſuïe, & à de certaines gommes, quand on les jette dans le feu; ſçavoir, que ces corps, & particuliérement le ſalpétre, pouſſent de tems en tems des flammes ſoudaines par divers endroits.

Suppoſant donc que la matiére du tonnerre ſoit allumée; il eſt évident qu'elle doit jetter des flammes avec un mouvement très-prompt & très-rapide par les dilatations ſoûdaines des eſprits nitreux, &c; & que, comme il a été dit dans l'Avertiſſement de la Propoſition quinziéme de la premiére Partie, ces flammes choquant l'air avec impétuoſité, doivent donner un mouvement très-prompt à la matiére enflammée, vers le côté oppoſé, plus ou moins vîte, ſelon que ces éruptions de flammes ſeront plus ou moins violentes; & que ce mouvement doit en partie ſe faire en tournant comme un tourbillon, parce qu'il arrive rarement que le centre de peſanteur de la matiére, ſoit dans la ligne de direction de la flamme; ce qui fait que choquant l'air obliquement, elle donne un mouvement en rond à cette matiére, comme il a été dit dans l'Avertiſſement de la Propoſition quinziéme, d'un cylindre plein d'eau ſuſpendu, lorſqu'il en ſort un jet d'eau oblique; & une autre éruption de flamme, ſe faiſant preſque au même inſtant que la premiére, en un autre endroit de la matiére, ſon mouvement doit changer de direction: d'où vient que le tonnerre fait pluſieurs inflexions, & a un mouvement ondoïant, tel que les Peintres le repréſentent; & que l'éclair ne paroît pas ordinairement comme une lumiére uniforme & continue, mais comme trois ou quatre petits éclairs, qui brillent aux yeux coup ſur coup; ce qui fait voir manifeſtement ces trois ou quatre éruptions de flamme; & c'eſt auſſi d'où procéde le craquettement du tonnerre, à cauſe que chaque éruption fait ſon bruit à part.

Ces choſes étant ſuppoſées, & que la matiére du tonnerre aille auſſi vîte ou plus vîte qu'un boulet de canon; (ceux qui ont vû jetter des bombes de nuit, ſçavent que leur mouvement qui ſe remarque par la fuſée allumée, n'eſt pas à beaucoup près ſi vîte que la matiére enflammée du tonnerre qu'on voit quelquefois ſortir des nuées,) il eſt néceſſaire que cette matiére pouſſe devant ſoi & entraîne aprés ſoi beaucoup d'air qui va très-vîte.

Si le tonnerre rencontre le coin d'une tour de pierre de taille, il peut facilement en arracher & emporter une pierre ou deux, & ébranler en même tems le reſte de la tour, & par ce moïen la faire tomber toute en-

entière, ou en partie, quand même ſa matière bitumineuſe ne peſeroit que deux ou trois livres; car elle doit donner à la pierre qu'elle choque, une plus grande quantité de mouvement que celle qu'elle a, par la vingt-ſixième Propoſition de la première Partie. Or il n'eſt pas fort difficile au tonnerre de pouſſer hors de ſa place une pierre, qui eſt au-deſſous de pluſieurs autres. On en voit l'expérience en petit, lorſqu'on met pluſieurs dames de tric-trac les unes ſur les autres, & qu'on en pouſſe une autre en gliſſant contre celle du deſſous; car elle la chaſſe fort loin, & avec autant de viteſſe à peu près, que ſi elle n'avoit pas été chargée par le poids des autres.

Le tonnerre, rencontrant un arbre, donne par ſon mouvement en rond, & par le tourbillon de l'air qui l'environne, un ſemblable mouvement aux branches de l'arbre, & fait un même effet que ſi l'on prenoit deux branches oppoſées, par le moïen de quelque machine, pour faire tourner en rond la tige de l'arbre. Or ſi la racine tient ferme & ne ſe rompt point, il faut que la tige de l'arbre ſe fende en deux ou trois endroits, dans toute ſa longeur; de la même ſorte que ſi on tord une petite branche d'arbre avec les deux mains, elle ſe fend en toute ſa longueur à peu près. Quelques branches de l'arbre qui ſervent de levier pour faire tordre la tige, ſe rompent; & ſi les racines ne ſont pas aſſez fortes, elles ſe rompent auſſi, & l'arbre ſe renverſe; mais en ce cas, la tige pourra n'être point fendue en longueur. On a vû une piéce de bois comme un mât de navire, plantée en terre, ſe fendre du haut en bas en deux endroits, par un coup de tonnerre, quoiqu'elle eût quarante pieds de hauteur.

Si le tonnerre tombe dans un lieu fermé, comme une chambre ou une égliſe, on y voit pluſieurs effets différens; des vitres caſſées en pluſieurs endroits, des pierres briſées, des bois rompus, ou un peu brûlés & noircis & quelquefois deux ou trois fentes, par où l'on croit qu'il ſoit ſorti: & l'on s'étonne ordinairement, comment tant d'effets différens ſe peuvent faire en tant de différens endroits en ſi peu de tems. Mais cela procéde de ce que la matière du tonnerre, qui n'eſt pas d'une conſiſtence fort dure, ſe briſe en trois ou quatre parties, par la rencontre d'un corps dur: on la voit même quelquefois ſe ſéparer en deux, par la ſeule réſiſtance de l'air. Or chaque partie aiant en ſoi un principe de mouvement, par une éruption de nouvelles flammes; chaque parcelle fait ſes effets à part, & l'on a vû quelquefois trois ou quatre petites flammes ſéparées voltiger par une chambre où le tonnerre étoit tombé.

Le tonnerre fond les métaux & les autres matières fuſibles, Ces effets procédent de l'ardeur de ſa flamme & de la viteſſe de ſon mouvement. Ceux qui ont vû travailler en émail ont pû remarquer que le vent d'un ſoufflet, paſſant par le milieu de la flamme d'une lampe, en pouſſe une partie comme un petit dard qui fond facilement le verre &

les métaux qu'on y expoſe; & les ſoufflets n'allument le feu ſi promptement, que parce qu'ils donnent beaucoup de mouvement à la flamme. Il ne faut donc pas s'étonner ſi le feu du tonnerre allant beaucoup plus vîte que le vent d'un ſoufflet, & étant extrêmement ardent, peut fondre en un clin d'œil, l'étain, l'argent & les autres métaux qu'il rencontre. Il peut auſſi briſer & mettre en poudre une lame d'acier par la vertu de ſon ſoufre, dont la flamme pénétre facilement les métaux. Les Chymiſtes en font voir l'expérience, lorſqu'ils mettent un morceau de ſoufre contre de l'acier rougi au feu pour le réduire en poudre.

Le bruit du tonnerre vient de la viteſſe de ſon mouvement, dont il choque l'air par la dilatation ſoudaine des eſprits nitreux dont il eſt plein; ce qu'on peut croire facilement, puiſqu'on imite à peu près ce bruit par un peu de poudre d'or impregnée des eſprits de quelques ſels, qui eſt ce qu'on appelle de l'or fulminant: on l'imite auſſi avec une compoſition de ſalpétre, de ſoufre, & de ſel de tartre; car les ſels ont un eſprit, qui ſentant la chaleur ſe dilate tout à coup, & choque l'air avec une grande force; ce qui fait le bruit.

On pourra expliquer de même pluſieurs autres effets du tonnerre. On peut appliquer auſſi les mêmes régles de la Percuſſion à d'autres effets naturels moins conſidérables, comme en l'expérience ſuivante.

On emplit d'eau un tuïau de verre d'environ deux pieds de hauteur: on met au-deſſus une petite figure d'émail pleine d'air, equel peut ſortir & rentrer par un petit trou, dont elle eſt percée obliquement; & lorſqu'on preſſe avec le pouce le deſſus du tuïau, la petite figure deſcend, à cauſe qu'on preſſe l'air dont elle eſt pleine, & qu'il y entre de l'eau par le petit trou, qui la rend plus peſante; mais ſi on leve le pouce tout à coup, la petite figure fait deux ou trois tours avant que de remonter, dont peu de perſonnes peuvent deviner la cauſe, qui n'eſt autre choſe ſi-non que l'air n'étant plus preſſé, s'étend tout à coup & fait ſortir un petit jet d'eau ou d'air par le petit trou; & ce petit jet choquant l'eau du vaiſſeau, s'appuïe contre elle pour repouſſer la figure en arrière; mais parce que le choc eſt oblique, il lui donne un mouvement en rond, qui la fait piroüetter.

PROPOSITION VIII.

La force du choc horiſontal eſt infinie; c'eſt-à-dire, que ſi un corps très-petit en choque directement un autre très-peſant en repos, par un mouvement horiſontal, ſi lent qu'il puiſſe être, il le mettra en mouvement.

Soit une boule très-peſante poſée ſur un plan horiſontal parfaitement uni, ou ſuſpendue en repos à une longue corde: je dis que ſi elle eſt choquée horiſontalement par un très-petit corps avec une très-petite viteſſe, elle ſera ébranlée. Car, par la 1e. Conſéquence de la Propoſition dixiè-

dixième, le mouvement qui n'a point de contraire, ne ſe perd point. Donc ce grand poids s'avancera avec le petit, s'il n'a point de reſſort; & ſi les deux corps ſont à reſſort, le plus grand prendra une quantité de mouvement preſque double de celle du petit corps, par la Propoſition vingt-ſixième.

Que ſi l'on objecte qu'un corps ſuſpendu s'éléve lorſqu'il ſort de ſon repos; on répond que ſon mouvement commence par la tangente horiſontale, & n'a aucune inclinaiſon en ſon premier départ du repos: du moins l'angle de ſon inclinaiſon ſera moindre qu'aucun angle qu'on puiſſe propoſer; & par conſéquent il ne doit pas être conſidéré.

Que ſi l'on dit que la réſiſtance de l'air empêche le mouvement; on répond qu'on peut prendre l'air qui environne le poids, comme joint au poids même, & ne faiſant qu'un ſeul poids; & par conſéquent il ne l'empêchera pas d'être mis en mouvement, puiſqu'on ſuppoſe ce corps de telle peſanteur qu'on voudra. Auſſi voit-on par l'expérience qu'un corps fort peſant ſuſpendu à une corde eſt toûjours en mouvement, s'il fait un peu de vent au lieu où il eſt.

On voit auſſi par l'expérience qu'un corps très-peſant, ſoûtenu par une eau calme en un lieu où il ne fait point de vent, peut être mis en mouvement, en le tirant doucement ſelon le niveau de l'eau avec un très-petit fil de ſoie, ſans que le fil ſe rompe; ce qui procéde de ce que ce corps n'agit aucunement par ſon poids pour rompre ce fil, puiſqu'étant tiré horiſontalement, il demeure toûjours à même diſtance du centre de peſanteur de la terre: mais on ne pourra lui donner au commencement qu'une très-petite viteſſe, conformément à la Propoſition cinquième de la première Partie.

PROPOSITION IX.

Les corps fluides ne choquent pas les corps durs qu'ils rencontrent, par la quantité de mouvement de tout leur corps.

Soit AB un jet d'eau pouſſé ſelon la ligne de direction AB; je dis que ce jet d'eau ne fera pas impreſſion en ſon premier choc ſur un corps qu'il rencontrera, par tout ſon corps AB: car l'eau étant comme compoſée d'une infinité de très-petits corpuſcules ſemblables à de très-petits grains de ſable, il n'y a que les premiers qui font le premier effort ſur le corps qu'ils rencontrent; au lieu que ſi AB étoit un corps ferme, il choqueroit par la quantité de mouvement de tout ſon corps. TAB. III. Fig. 29.

Cette Propoſition ſe prouve par l'expérience en cette ſorte.

Aïez une balance comme la régle AB, tournant par le moïen de l'eſſieu CD, comme celle de la figure vingt-cinquième: empliſſez d'eau un tuïau de verre ou de cuivre, comme FG, ouvert par les deux bouts, & d'égale largeur par-tout, de ſix ou ſept pieds de hau- TAB. III. Fig. 30.

teur: mettez le doigt ſous l'ouverture G, pour empêcher l'eau de couler, & le tenez au-deſſus de l'un des bouts de la régle, comme on le voit en la figure; & mettez à l'autre bout le poids E, moindre d'un tiers que le poids de l'eau du tuïau: laiſſez couler l'eau du tuïau tout à coup ſur le bout de la balance; & vous verrez qu'elle n'élévera pas le poids qui eſt à l'autre bout au commencement de ſa chûte, mais ſeulement à la fin; au lieu qu'un cylindre de bois, de pareil poids que l'eau du tuïau, tombant de la meme hauteur, élévera au commencement de ſon choc un poids plus grand que ſon propre poids: d'où il s'enſuit qu'il n'y a que les premières parties de l'eau qui faſſent le premier effort dans le choc d'un jet d'eau.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition, que les jets d'eau, ou de quelque autre corps fluide, d'égale largeur & de viteſſes inégales, ſoûtiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes inégales. Car d'autant que l'eau & l'air & les autres corps fluides peuvent étre conſidérés comme compoſés de petites parcelles imperceptibles, dont il n'y a que les premières qui au premier choc faſſent effort pour ſoûtenir ou pour élever un poids; il doit arriver que lorſqu'elles vont deux fois plus vîte, il y en a deux fois autant qui choquent en même tems: & par cette raiſon, un jet qui va deux fois plus vîte qu'un autre, doit faire deux fois autant d'effort par la ſeule quantité des petites parcelles qui choquent; & parce qu'elles vont deux fois plus vîte, elles font encore deux fois autant d'effort par leur mouvement; & par conſéquent ces deux efforts joints enſemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut encore démontrer cette Conſéquence par la Propoſition ſeptième de la ſeconde Partie, & par la Conſéquence de la 6e. Car, puiſque, par cette Propoſition ſeptième, les jets qui jailliſſent au bas d'un réſervoir, dans lequel l'eau eſt ſucceſſivement à différentes hauteurs, ſont équilibre par leur choc avec des poids qui ſont égaux aux poids des petits cylindres d'eau, qui ont pour baſe l'ouverture par où ſortent les jets, & pour hauteur, la hauteur de l'eau depuis cette ouverture; & que, par la Conſéquence de la ſixième Propoſition, les viteſſes des jets ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des différentes hauteurs de l'eau qui eſt dans les réſervoirs: il s'enſuit que ces viteſſes ſeront entre elles en raiſon ſous-doublée des poids que les jets ſoûtiennent, ou, ce qui eſt la même choſe, que les poids ſoûtenus ſeront l'un à l'autre en raiſon doublée des viteſſes des jets d'égale largeur.

SE-

SECONDE CONSÉQUENCE.

Il ſuit encore de cette Propoſition neuvième, ce qui a été démontré dans la ſeptième; ſçavoir, que les jets d'eau de même viteſſe & de largeurs inégales ſoûtiennent des poids qui ſont entre eux en raiſon doublée des diamétres de ces largeurs. Car, ſuppoſé que le diamétre de l'un fût double de celui de l'autre, ſa baſe ſeroit quadruple de l'autre baſe; & par conſequent il y auroit quatre fois autant de petites parcelles qui choqueroient en même tems, leſquelles, allant avec la même viteſſe que les petites parcelles du moindre jet, feroient un effet quadruple.

Que ſi les ouvertures par où ſortent les jets, ont d'autres figures, les poids qu'ils ſoûtiendront, ſeront entre eux comme les ſurfaces de ces ouvertures. Il ſuit enfin de toutes ces preuves, que ſi deux jets d'eau ou d'air, différens, ont les diamétres de leurs ouvertures rondes, réciproques à leurs viteſſes, ils ſoûtiendront des poids égaux par leur choc; & que ſi des corps fluides de différentes denſitez ont les largeurs & les viteſſes de leurs jets égales, les poids qu'ils ſoûtiendront par leur choc, ſeront inégaux, & ſeront l'un à l'autre en raiſon de ces denſitez.

PROPOSITION X.

Les corps fluides en mouvement, comme le vent ou une eau coulante, accélérent le premier mouvement qu'ils ont donné à un corps ferme par leur premier choc.

Soit un corps A B, flottant ſur une eau non courante, choqué par un grand vent, commençant tout à coup & continuant long-tems; il eſt évident par la Propoſition précédente, que le premier choc du vent, c'eſt-à-dire de l'air émû, n'agit que par ſes premiéres particules, qui aiant peu de denſité ne donneront qu'une très-petite partie de leur viteſſe au corps A B: mais, par la ſeconde Propoſition de la premiére Partie, le vent rencontrant enſuite le même corps qui eſt déja en mouvement de même part, le fera aller plus vîte après le ſecond choc, que s'il eût été en repos; & par la même raiſon, la ſuite des autres particules de l'air le choquant toûjours de nouveau, & le rencontrant en plus grand mouvement, l'augmenteront encore; & enfin il ira preſque auſſi vîte que le vent même, ſi la réſiſtance de l'eau ne l'en empêche. La même choſe arrivera à un corps peſant ſuſpendu, ſoit qu'il ſoit choqué par un jet d'eau ou par le vent: car, par les deux Propoſitions précédentes, les premiéres particules du jet lui donneront du mouvement, & la continuation du choc, par de nouvelles particules, augmentera ſa viteſſe par les raiſons ci-deſſus. TAB III. Fig. 31.

Que ſi l'on demande, par quels degrez ſe fait l'accélération du mouvement

vement d'un vaiſſeau ſur la mer; on peut répondre qu'au commencement de ſa courſe il reçoit par le choc du vent, en des tems égaux, de nouveaux degrez égaux de viteſſe, & que les eſpaces qu'il parcourt en des tems égaux, comme de deux ou trois ſecondes, ſont entre eux comme les quarrez des tems à peu près, ſi le vent ſouffle toûjours d'une même force; ce qu'on prouvera en cette ſorte.

Suppoſons que le vaiſſeau pèſe 100000 livres, & que les premières partieules de l'air qui choque les voiles & le vaiſſeau, pèſent une livre. Or ſi l'on exprime les degrez de la viteſſe de ces premières partieules de l'air par 100001, nombre de ces poids; & qu'on ſuppoſe, pour l'intelligence de la démonſtration, que le vent ſouffle par repriſes coup ſur coup: il eſt évident par la ſeconde Conſéquence de la dixième Propoſition de la première Partie, que le vaiſſeau recevra un degré de viteſſe par le premier choc, & que ſa quantité de mouvement ſera 100000, & qu'au ſecond choc il prendra une viteſſe de deux degrez par la Propoſition onzième de la première Partie; car la ſomme des quantitez de mouvement du vaiſſeau, & des particules de l'air qui agiſſent dans le ſecond choc, ſera de 200001 de même part, & ce nombre étant diviſé par 100001, ſomme des poids, donnera pour quotient $\frac{200001}{100001}$, nombre égal à deux, moins $\frac{1}{100001}$; mais pour la facilité du calcul, on prendra deux préciſément pour ce quotient. On prouvera de même, par la même Propoſition onzième, qu'au troiſième choc la viteſſe du vaiſſeau ſera de trois degrez, au quatrième de quatre degrez, & ainſi de ſuite. Or ſi chaque nouveau choc ſe fait dans l'intervalle d'une tierce, qui eſt $\frac{1}{216}$ d'une ſeconde, & que par le premier choc le vaiſſeau ſe ſoit avancé d'un pouce par une viteſſe uniforme, il s'avancera de deux pouces au ſecond choc, de trois au troiſième, &c. & enfin au 100e. de 100 pouces; & la ſomme de tous ces pouces ſera 5050, ou 421 pieds moins deux pouces: mais au 200e. choc, le vaiſſeau prendra une viteſſe de deux cent degrez, & s'avancera de 200 pouces, ſa viteſſe étant ſuppoſée uniforme; & la ſomme de tous les pouces, parcourus en 200 tierces, ſera 20100 pouces, ou 1675 pieds, nombre quadruple à peu près de 421 pieds. Et quoique le ſouffle du vent ſoit continu, & non à repriſes, l'accelération ne laiſſera pas de ſe faire à peu près de même, à cauſe que l'écoulement du tems eſt auſſi continu, juſques à ce que le vaiſſeau aiant acquis une grande viteſſe, la réſiſtance de l'eau commence à diminuer notablement cette progreſſion. Le choc des rames doit faire à peu près un ſemblable effet ſur les galéres en un tems calme: mais leur augmentation de degrez égaux de viteſſe, en des tems égaux, ne dure pas long-tems; parce que l'air & l'eau ſont plus de réſiſtance, à meſure que la viteſſe s'augmente, & qu'enfin la galére acquiert une certaine viteſſe qu'elle n'augmente plus, puiſque ſa plus grande viteſſe doit être moindre que celle du mouvement des rames.

LEM-

LEMME.

PROPOSITION XI.

UN corps qui tombe dans l'air libre, commence à tomber avec une viteſſe déterminée, & qui n'eſt pas infiniment petite; c'eſt-à-dire, qu'elle eſt telle, qu'il y en peut avoir de moindres, en différens degrez.

Car il eſt impoſſible qu'un mouvement ſoit ſans une viteſſe déterminée, & entre le mouvement & le repos, il n'y a point de milieu: donc ſi-tot qu'il eſt en mouvement, il a une certaine viteſſe.

Que ſi le mouvement vers le centre eſt cauſé par le choc de quelque matière ſubtile & inviſible, ou par un principe de mouvement qu'ont les corps ſublunaires les uns vers les autres, ou par quelques autres cauſes; cet agent naturel, quel qu'il ſoit, a une action déterminée; donc ſon effet ſera auſſi déterminé, c'eſt-à-dire, la première viteſſe imprimée au corps qui tombe: de même que lorſque du fer eſt poſé ſur un corps flottant ſur l'eau, & qu'il ſe meut vers une pierre d'aimant, le commencement de ſon mouvement a une viteſſe certaine & déterminée, plus grande ou moindre ſelon la diſtance d'où il commence à ſe mouvoir; & cette viteſſe s'accélére juſques à ce qu'il touche l'aimant: & deux vaiſſeaux ſur mer étant agités & pouſſés, l'un par un vent foible, & l'autre par un vent violent, ce dernier fera beaucoup plus de chemin que l'autre en un même tems; ce qui n'arriveroit pas, ſi les commencemens de leurs mouvemens n'étoient différens l'un de l'autre: car leur mouvement s'accélére, par la Propoſition précédente, & les accélérations ſont proportionnées aux premières viteſſes, ſi l'on fait abſtraction de la réſiſtance de l'eau. D'ailleurs, les corps qui tombent perpendiculairement, accélérent auſſi leur mouvement, & ceux qui tombent par un plan incliné, parcourent un moindre eſpace en même tems. Donc, comme il eſt dit des vaiſſeaux ſur mer, les commencemens de leurs mouvemens ſont plus vîtes en l'un qu'en l'autre; & puiſqu'il y a du plus & du moins, la viteſſe n'eſt pas infiniment petite en celui qui commence à tomber perpendiculairement. On peut encore conſidérer une balance dont l'un des bras ſoit 10 fois plus grand que l'autre; car ſi l'on met ſur l'extrémité du petit bras un poids de dix livres, & ſur l'autre extrémité un poids d'une livre & une once, ce dernier deſcendra un peu moins vîte que s'il étoit libre; mais le poids de dix livres s'élévera avec une viteſſe dix fois moindre: d'où il s'enſuit que le commencement de celle du petit poids n'étoit pas de la dernière lenteur, & qu'il peut y avoir des viteſſes encore moindres à l'infini, puiſqu'on peut augmenter la proportion des bras de la balance à l'infini.

On démontre auſſi cette Propoſition en cette ſorte.

TAB. III. Fig. 32. Soit A B une corde à laquelle ſoit ſuſpendu le poids C d'une livre, choqué par un jet d'eau D E, s'élevant perpendiculairement & ſortant par un trou quarré d'un demi pouce de largeur par l'effort du poids de l'eau qu'on ſuppoſe être dans le réſervoir à la hauteur de deux pieds au-deſſus du trou. Or ſi le premier mouvement du corps C tombant, étoit infiniment petit ; d'autant que la raiſon du poids C, au poids des premières particules de l'eau qui le choquent, n'eſt pas infiniment grande, & que la raiſon de la viteſſe du jet d'eau à celle du poids lorſqu'il commence à tomber, eſt infinie par l'hypothèſe, ſi l'on coupe la corde de ſuſpenſion, le poids ne pourra tomber, par la Propoſition ſixième de la première Partie : car la quantité de mouvement des premières particules du jet d'eau ſera plus grande que celle du poids lorſqu'il commence à tomber, & par conſéquent le poids s'élévera, par la Propoſition douzième de la première Partie. Mais, par la onzième, le jet d'eau le rencontrant en mouvement lui donnera une plus grande viteſſe, & par ce moïen ſa viteſſe ſera accélérée, & il s'élévera enfin à une hauteur ſenſible, par la Propoſition précédente ; ce qui répugne à l'expérience : car un tel poids, choqué par un tel jet d'eau, ne s'élévera point ; mais il vaincra la force du jet lorſqu'on coupera la corde, & il tombera, puiſque, par la Propoſition 7e. de la 2e. Partie, ce jet d'eau ne pourroit ſoûtenir 4 onces. Donc la quantité de mouvement de ce poids d'une livre ſera plus grande que celle de l'eau qui le choque, par la même Propoſition ; & par conſéquent ſa première viteſſe n'eſt pas infiniment petite, mais elle eſt telle, que, lorſqu'elle ſera à la viteſſe d'un autre jet d'eau plus large ou plus vîte, réciproquement, comme le poids des premières particules qui choquent, eſt à ſon poids, il y aura équilibre ; & alors, ſi peu qu'on augmente le jet en largeur ou en viteſſe, il élévera ce poids à une hauteur conſidérable à cauſe de l'accélération. Que ſi l'on dit qu'un corps ſuſpendu & en repos n'a point de viteſſe par laquelle on puiſſe multiplier ſon poids, & par conſequent qu'il n'a point de quantité de mouvement ; on répond, qu'il faut conſidérer la première viteſſe ſelon laquelle il doit commencer à deſcendre, comme s'il l'avoit déja effectivement ; de même que ſi l'on met un petit morceau de fer ſur quelque corps léger flottant ſur l'eau, & qu'on en approche une bonne pierre d'aimant à cinq ou ſix pouces près, ce corps commencera à ſe mouvoir vers l'aimant avec une plus grande viteſſe, que lorſqu'on l'en tient éloigné de deux ou trois pieds : & en ce dernier cas, il faudra un jet d'eau d'une moindre quantité de mouvement pour l'empêcher de ſe mouvoir vers l'aimant, qu'au premier ; & par conſéquent, on doit conſidérer ce fer en ces deux cas, comme aiant deux quantitez de mouvement différentes, ſçavoir les produits de ſon poids par les deux différentes viteſſes avec leſquelles il commence à ſe mouvoir vers l'aimant.

La

La même choſe arrivera ſi l'on met un grand poids ſur un ballon enflé : car ce poids deſcendra & preſſera l'air du ballon, qui par ſon reſſort élévera derechef le poids en haut, lequel retombera enſuite, & enfin il ſe fera équilibre entre le poids & le reſſort de l'air; ce qui arrivera lorſque le reſſort de l'air du ballon aura préciſément la force de repouſſer ce poids horiſontalement avec la même première viteſſe que ce poids auroit dans le commencement de ſa chûte, ſi le ballon étoit ôté.

On pourroit même déterminer une viteſſe aſſez conſidérable, comme de paſſer un eſpace de deux lignes en une ſeconde par un mouvement uniforme, & montrer que cette viteſſe eſt moindre que celle que prennent les corps peſans au commencement de leur chûte. Voici comme on peut réſoudre ce Problème.

On a trouvé par pluſieurs expériences qu'une groſſe goute d'eau faiſoit 12 pieds à fort peu près en une ſeconde, en tombant par l'air libre. Or, ſuivant la doctrine de *Galilée*, elle acquiert une telle viteſſe au bas de cette chûte, qu'elle parcourroit vingt-quatre pieds à peu près pendant le même tems d'une ſeconde, ſi elle conſervoit cette viteſſe acquiſe ſans l'augmenter ni diminuer. Mais, par la Propoſition ſixième de la deuxième Partie, un jet d'eau qui jaillit au bas d'un réſervoir de douze pieds, a une viteſſe ſuffiſante pour s'élever à cette hauteur; &, ſelon *Galilée*, cette viteſſe eſt la même que celle que la goute d'eau acquiert au bas de cette chûte de douze pieds. Mais, par la Propoſition ſeptième, ce jet peut ſoûtenir par ſon choc un poids d'un cylindre d'eau de douze pieds de hauteur, qui auroit ſa baſe égale à l'ouverture du jet: d'où il s'enſuit que, ſi cette ouverture étoit d'un pouce de diamétre, ce jet ſeroit équilibre avec un poids de 72 onces, puiſque chaque colomne d'un pied de hauteur & d'un pouce de diamétre de baſe péſe à peu près ſix onces. Mais, par la ſixième Propoſition de la première Partie, quand les poids en ſe choquant ſont équilibre, leurs viteſſes ſont réciproques à leurs poids. Puis donc que ce jet peut ſoûtenir 72 onces, il faut que ſa viteſſe ſoit à la première viteſſe que prendroit ce poids en tombant, réciproquement comme ce poids eſt au poids des premières particules du jet qui agiſſent: car, par la 9e. Propoſition de la ſeconde Partie, il n'y a que les premières particules des jets juſques à une certaine épaiſſeur qui agiſſent. Mais parce que ces premières particules n'agiſſent pas également (les unes gliſſant le long des autres, quand elles n'ont pas les mêmes lignes de direction) ſi on ſuppoſe que cette épaiſſeur s'étend ſeulement juſques à ſix ou ſept lignes, & que toutes les particules qui ſont dans cet eſpace agiſſant inégalement, ne ſont pas plus d'effort que feroient celles qui ſeroient dans l'épaiſſeur de deux lignes, ſi elles agiſſoient toutes de toute leur force, comme un ſolide de glace qui auroit un pouce de largeur & deux lignes de hauteur; on trouvera que le poids de 72 onces ſera au poids de ce petit cylindre d'eau de deux lignes

gnes de hauteur & d'un pouce de largeur, comme la viteſſe du jet, au commencement de ſa ſortie, eſt à la première viteſſe qu'auroit ce poids de 72 onces en tombant. Or le poids de ce petit cylindre n'eſt que de $\frac{3}{5}$ de gros, c'eſt-à-dire, $\frac{1}{72}$ d'une once. Donc, ſi on fait que, comme 72 eſt à $\frac{1}{72}$, ou comme 864 à 1, ainſi une viteſſe à faire 24 pieds en une ſeconde, ſoit à une autre viteſſe; ce quatrième proportionnel ſera quatre lignes en une ſeconde, qui eſt une plus grande viteſſe que les deux lignes qu'on a propoſées.

Que ſi l'on dit qu'il faut prendre moins de deux lignes d'épaiſſeur pour l'équivalent des particules d'eau qui agiſſent inégalement, pour faire équilibre par leur choc aux 72 onces; on pourra réduire cette épaiſſeur à une ligne & demi, & alors la première viteſſe des corps qui tombent, ſera réduite à pouvoir faire trois lignes en une ſeconde par un mouvement uniforme, laquelle ſera encore plus grande que celle de faire deux lignes en une ſeconde, qu'on a ſuppoſé être celle avec laquelle les corps peſans commencent leur chûte.

On pourroit encore, pour réſoudre ce Problême, ſe ſervir de ces petits cylindres ou canons de verre ſolide d'une ligne ou deux d'épaiſſeur, dont les Emailleurs ſe ſervent; ce qu'on fera en la manière ſuivante. Mettez ſur un marbre bien uni, ſitué horiſontalement, un de ces petits canons longs de 2 pouces & épais de 2 lignes; chargez-le d'un fer ou d'un autre corps dur & poli, & y ajoûtez des poids juſqu'à ce que le verre puiſſe être écraſé. Laiſſez tomber enſuite d'une médiocre hauteur ſur un pareil bout de verre poſé de même ſur le même marbre, un poids de fer ou de cuivre plat & uni en ſa ſurface inférieure, ſitué horiſontalement, & augmentez ce poids juſqu'à ce qu'il écraſe le verre. Or ſi, par exemple, il faloit 400 livres de poids pour écraſer le petit cylindre, & que, laiſſant tomber de 7 pouces un poids de deux livres 2 onces, il s'en écraſât un ſemblable; on feroit cette analogie, comme 400 eſt à deux livres $\frac{1}{2}$, ainſi une viteſſe à parcourir 830 lignes en une ſeconde, (qui eſt la viteſſe qu'acquiert à peu près un poids de 2 livres 2 onces de fer, d'une hauteur de ſept pouces) eſt à quatre lignes & un peu plus: d'où vous pourrez juger que la première viteſſe d'un poids de 400 livres, qui commence à tomber dans un air calme, eſt telle qu'il pourroit faire quatre lignes en une ſeconde, s'il continuoit à ſe mouvoir uniformément ſelon cette première viteſſe. On a fait cette expérience & pluſieurs autres ſemblables, leſquelles ont donné à connoître cette première viteſſe de pouvoir faire à peu près quatre lignes en une ſeconde.

AVERTISSEMENT.

GAlilée *a fait quelques raiſonnemens aſſez vrai-ſemblables pour prouver qu'au premier moment qu'un poids commence à tomber, ſa viteſſe eſt plus pe-*

petite qu'aucune qu'on puiſſe déterminer. Mais ces raiſonnemens ſont fondés ſur les diviſions à l'infini, tant des viteſſes que des eſpaces paſſés, & des tems des chûtes, qui ſont des raiſonnemens très-ſuſpects, comme celui que les anciens faiſoient pour prouver qu'Achille ne pourroit jamais atrapper une Tortuë, auquel raiſonnement il eſt difficile de répondre & d'en donner la ſolution; mais on en démontre la fauſſeté par l'expérience, & par d'autres raiſonnemens plus faciles à concevoir. Ainſi l'on objectera à Galilée *les raiſonnemens ci-deſſus, qui ſont faciles à concevoir, particuliérement celui de la balance, & qui ſont beaucoup plus clairs que les ſiens, qu'il a fondés ſur les diviſions à l'infini, qui ſont inconcevables, & ſur de certaines régles de l'accélération de la viteſſe des corps, qui ſont douteuſes: car on ne peut ſçavoir, ſi le corps tombant ne paſſe pas un petit eſpace ſans accélérer ſon premier mouvement, à cauſe qu'il faut du tems pour produire la plûpart des effets naturels, comme il paroît lorſqu'on fait paſſer du papier au travers d'une grande flamme, avec une grande viteſſe, ſans qu'il s'allume; & par conſéquent on doit préférer les raiſonnemens ci-deſſus à ceux de* Galilée.

PROPOSITION XII.

SOit le poids C, ſuſpendu à la corde A B, plus peſant que le poids F, ſuppoſé ſans reſſort; & que la viteſſe du poids F, ſoit telle que choquant le poids C, de bas en haut, il puiſſe l'élever. Je dis qu'il peut y avoir un jet d'eau tel que choquant le méme poids C, de bas en haut, il ne pourra l'élever, quoique ſa viteſſe ſoit égale à celle du poids F; mais que ſi ce jet d'eau choque horiſontalement le méme poids C, il le pouſſera beaucoup plus loin, que le poids F ne le pouſſera, le choquant horiſontalement avec la méme viteſſe. TAB. III. Fig. 32.

Suppoſons que le poids C péſe vingt onces, & le poids F une once, & que les premières particules de l'eau du jet qui agiſſent au premier moment du choc, péſent une demi once. Il eſt évident par la ſeptiéme Propoſition, que ſi A B eſt le réſervoir d'eau d'où ſort le jet, & qu'il ſoit d'une telle hauteur, & l'ouverture D, d'une telle largeur, que le cylindre d'eau qui a pour baſe cette ouverture & pour hauteur A B, péſe vingt onces; le jet d'eau ſoûtiendra ſeulement le poids C, & ne l'élévera pas, mais le poids F, étant deux fois plus peſant que les premiéres particules du jet, l'élévera par ſon choc. TAB. III. Fig. 34.

Que ſi l'on ſuſpend le poids F auprés du poids C, dans la machine décrite en la premiére Propoſition; & que l'aiant élevé à 21 degrez, on le laiſſe aller contre le poids C: il lui donnera une viteſſe qui le fera aller juſques à la hauteur d'un degré, par la Conſéquence de la dixiéme Propoſition de la premiére Partie; au lieu que les premiéres particules de l'eau du jet, lorſqu'elles le choqueront horiſontalement avec la méme viteſſe, ne lui donneront qu'environ $\frac{1}{2}$ degré de viteſſe: mais la continuation du choc par les particules d'eau ſuivantes, accélé- TAB. I. Fig. 3.

rant ſon mouvement, le fera aller à plus de trois ou quatre degrez; & même ſi le jet d'eau le ſuivoit en ſon mouvement pour le choquer toûjours avec la même force directement, il l'éleveroit enfin plus haut que le point de ſuſpenſion. Car ſoit le même poids C, attaché à la corde AB, & mis en diverſes ſituations dans la circonférence BHIF de 90 degrez, aux points B, H, I, F: il eſt évident que, puiſque le jet le peut ſoûtenir étant en repos au point F, il l'élevera au-deſſus de ce point, s'il l'a déja mis en mouvement, par la onziéme Propoſition de la premiére Partie, & à plus forte raiſon, lorſqu'il le rencontrera à la hauteur BI, ou BII. Que ſi ce poids étoit ſoûtenu par des appuis à la hauteur BI, un jet d'eau de même viteſſe, dont l'ouverture ſeroit à celle du premier, comme la ligne horiſontale ID eſt au raïon AI, le tiendroit en équilibre, & l'empêcheroit de tomber, ſi les appuis étoient ôtés; & s'il étoit appuïé à la hauteur de l'arc BH de 30 degrez, il ſuffiroit que l'ouverture du jet fût égale à la moitié de celle du premier en ſurface, car le raïon AH eſt double du ſinus HM: d'où l'on doit tirer cette Conſéquence, que la premiére viteſſe du corps C, tombant perpendiculairement, eſt double de celle avec laquelle il commence à deſcendre par un plan, dont l'angle d'inclinaiſon eſt de trente degrez.

TAB. III. Fig. 33.

On trouvera de même en toutes les autres inclinaiſons le jet d'eau qui ſera ſuffiſant pour faire équilibre avec le poids C, ou avec quelque autre poids qu'on voudra.

Il faut remarquer que ſi les premiéres particules du jet ne peuvent élever un poids, les ſuivantes ne doivent pas l'élever, puiſqu'elles ne vont pas plus vîte, & que leur poids n'eſt pas plus grand que celui des premiéres.

CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition & de la ſeptiéme de cette ſeconde Partie, que la force du choc de bas en haut n'eſt pas infinie, c'eſt-à-dire, qu'un petit corps n'élévera pas un corps quelque grand qu'il puiſſe être, en le choquant de bas en haut; puiſque pluſieurs petites particules d'eau, choquant enſemble un corps de médiocre peſanteur, ne peuvent l'élever: mais ſi le poids ſuſpendu eſt une groſſe boule à reſſort, & qu'une petite boule auſſi à reſſort, le choquant de bas en haut, ne puiſſe l'élever tout entier; elle ne laiſſera pas d'élever un peu la partie choquée, & même la partie oppoſée au choc par le frémiſſement du reſſort.

PROPOSITION XIII.

SI deux poids aïant une égale quantité de mouvement, tombent ſur une balance, de part & d'autre du centre de mouvement, en des points également

ment diſtans de ce centre, ils ſeront équilibre au moment du choc; & ſi les points où ils choquent la balance, ſont inégalement diſtans du centre de mouvement, ils ne ſeront pas équilibre: mais ſi leurs quantitez de mouvement ſont en raiſon réciproque des diſtances inégales, ils ſeront équilibre au moment du choc.

Aïez une balance comme AB, tournant ſur l'eſſieu CD; mettez deux poids égaux ſur cette balance aux points E & L, également diſtans du centre de mouvement I: ces poids ſeront équilibre par les régles de la Méchanique. Otez l'un des poids qui étoit au point L, & par le moïen d'un vaiſſeau cylindrique fort large, plein d'eau, comme AB en la trente-quatrième figure, faites tomber ſur le même point L, un jet d'eau qui faſſe équilibre avec le poids en E, comme il a été enſeigné en la ſeptième Propoſition de la ſeconde Partie; & au lieu du poids qui eſt au point E, faites y tomber un autre jet d'eau égal au premier: il eſt évident que ces jets d'eau ſeront équilibre entre eux; & qu'y aiant autant de particules d'eau qui choquent en même tems en l'un qu'en l'autre, celles de l'un auront enſemble une quantité de mouvement égale à celles de l'autre enſemble, puiſqu'on ſuppoſe qu'elles vont avec une même viteſſe. Il eſt encore manifeſte, que ſi deux petits corps égaux entre eux & ſans reſſort, ſont de même poids que ces premières particules d'eau, & choquent la balance aux mêmes points, en même tems, avec des viteſſes égales, ils ſeront auſſi équilibre, & auront des quantitez de mouvement égales avant le choc. TAB. III. Fig. 30

Mettez enſuite les deux premiers poids en des diſtances inégales, comme en L & en H; le poids en L emportera le poids en H: & parce que le jet en L, faiſoit équilibre avec le poids en E, & que ce poids étant en H, ne fait plus équilibre avec le poids en L, il ne ſera pas non plus équilibre avec le jet en L: & par la même raiſon, ſi le jet, qui tombant en E faiſoit équilibre avec le jet tombant en L, eſt tranſporté pour tomber en H, il ceſſera de faire équilibre avec l'autre jet; & de même à l'égard des petits corps égaux qui tomberoient en même tems avec des viteſſes égales aux points L & H. Or ſi les premiers poids ſont entre eux en raiſon réciproque des diſtances LI, HI, ils ſeront équilibre étant en L & H. Mais, par ce qui a été dit dans la Propoſition ſeptième de la ſeconde Partie, ſi MI eſt égale à IH, & qu'on faſſe tomber au point M un jet, dont l'ouverture ſoit à l'ouverture d'un des premiers jets, comme le poids nouveau mis en H, eſt à l'un des premiers poids mis en L, il ſera équilibre avec ce poids mis en H; & s'il eſt tranſporté en H, il ſera alors équilibre avec le premier poids mis en L; & ſi au lieu de ce poids en L, on y fait tomber un des premiers jets, il y aura encore équilibre entre ces deux jets inégaux, parce que chacun d'eux fait le même effort que les poids avec leſquels ils ſont équilibre en diſtances égales. Il paroît donc, qu'afin que deux corps qui tombent ſur une balance deçà & delà du centre de

mouvement en même tems, faſſent équilibre au moment du choc, il eſt neceſſaire que les diſtances des points où ils tombent, ſoient en raiſon réciproque de leurs quantitez de mouvement; & que ſi deux corps
TAB.III. Fig. 36. inégaux comme A & B, atachés aux extrémitez d'une ligne inflexible AB, ſituée horiſontalement, tombent ſur la ligne CD, ſuppoſée inflexible & inébranlable, & que le point E, qu'on ſuppoſe être leur centre commun de peſanteur, rencontre la ligne CD, il ſe fera équilibre entre ces poids au moment du choc, ſuppoſé que ces poids tombent avec une viteſſe égale; ce qui eſt poſſible, comme il ſera démontré enſuite: car il doit arriver la même choſe, que ſi la ligne AB s'appuïant par ſon point E ſur la ligne CD, ces poids inégaux tomboient avec des viteſſes égales ſur les points A & B.

TAB.III. Fig. 37. Il s'enſuit auſſi, que ſi un corps comme GE, dont le centre de peſanteur ſoit au point N, tombe ſelon la ligne de direction NM, perpendiculaire à l'horiſon ſur une ligne horiſontale inébranlable, il ſe fera équilibre au moment du choc; & que s'il la rencontre par un autre de ſes points, hors de cette ligne NM, il ne ſe fera pas équilibre entre les parties de ce corps.

TAB III. Fig. 30. Il s'enſuit encore, que ſi deux corps égaux en poids tombent en même tems avec des viteſſes inégales ſur la balance AB, ils ne feront point équilibre au moment du choc, ſi les diſtances depuis le point I, juſques aux points où ils tombent, ne ſont en raiſon réciproque de leurs quantitez de mouvement: de même, ſi un poids d'une livre tombe de cent pieds de hauteur, ſur l'un des bras de cette balance, & qu'un autre poids de dix livres tombe de la hauteur d'un pied ſur l'autre bras en diſtance inégale du point I, ils ne feront point équilibre au moment du choc; parce que leurs viteſſes acquiſes par leur chûte, ſont en raiſon ſous-doublée de 100 à un, c'eſt-à-dire, comme 10 à 1, par la première Suppoſition, & par conſéquent elles ſeront réciproques à leurs poids, & leurs quantitez de mouvement ſeront égales, par la quatrième Propoſition de la première Partie; & par ce qui eſt dit ci-deſſus, ces poids doivent tomber à diſtances égales du point I, pour faire équilibre au moment du choc.

L'on voit par ces raiſonnemens, qu'afin que deux corps étant en mouvement & tombant de part & d'autre du centre d'une balance en même tems, faſſent équilibre au moment de leur choc; il faut que le nombre ſolide, produit par la multiplication du poids de l'un, par ſa viteſſe, & par la diſtance du point où il tombe juſques au centre de la balance, ſoit egal au nombre ſolide de l'autre poids multiplié de même: comme ſi un corps pèſe trois onces, & choque avec une viteſſe de quatre degrez le bras d'une balance, à cinq pouces de diſtance du centre de mouvement, ſon produit ſolide ſera 60, qu'on peut appeller ſa quantité de mouvement ſolide; & ſi un autre corps pèſe deux onces, & qu'il choque la balance avec trois degrez de viteſſe à une diſtance de dix pouces du centre de

de mouvement, le produit de ces trois nombres ſera encore 60, & ces deux corps feront équilibre au moment de leur choc.

A l'égard du choc oblique des jets d'air ou d'eau, voici les régles qu'on peut ſuivre.

Soit KL la direction d'un jet d'air ſortant de quelque ſoufflet ou de quelque machine comme celle de la figure 28e, & ſoit ſuppoſé que ce jet ait la même viteſſe & la même largeur qu'un autre qui ſouffleroit de haut en bas par le tuïau FG ſur la régle ou balance AB au point L, & qu'il y ait au point E un poids tel qu'il puiſſe faire équilibre avec la force du jet d'air GL: on demande quel poids il faut mettre au point E, pour faire équilibre avec la force du jet d'air oblique KL. TAB III. Fig. 30.

Soit abaiſſée la perpendiculaire KN ſur le plan de la régle AB; il eſt évident par ce qui a été dit dans la Propoſition cinquième, que la force de ce choc ſera à celle du choc direct GL, comme la ligne KL eſt à la ligne KN: ſi donc on fait que comme KL eſt à KN, ainſi le premier poids en E ſoit à un autre poids; ce dernier poids étant mis au point E ſera équilibre avec la force du jet oblique KL, & ſi l'angle KLN eſt de 30 degrez, ce dernier poids ſera au premier comme 1 à 2.

Soit maintenant CD un eſſieu cylindrique, comme celui de la figure 25e, autour duquel puiſſe tourner la régle AB, ſituée horiſontalement, & traverſant cet eſſieu à angles droits. Soit élevée perpendiculairement ſur le plan de cette régle la ligne BE: ſoit auſſi continuée de part & d'autre en HG la ligne *e* B *d*, diviſée également en B, & parallele à l'axe du cylindre CD: ſoient encore les lignes ponctuées LBI, KBM, ſe coupant à angles droits dans le plan des lignes EB, HBG. TAB. IV. Fig. 49.

Il eſt manifeſte que, s'il y a un poids ſuſpendu au point B, une puiſſance en E, tirant ſelon la direction BE, agira de toute ſa force pour élever ce poids; & qu'étant au point G, & tirant ſelon la direction BG, elle n'agira aucunement ſur lui pour l'élever, parce que la régle AB ne peut tourner en ce ſens-là. Mais, ſi on conſidére toutes ces lignes partant du point B, comme les raïons égaux d'une roue dont ce point ſeroit le centre, on jugera aiſément que la même puiſſance étant en M, & tirant ſelon la direction BM pour élever le poids mis en B, n'agira que ſelon la proportion de la ligne BM ou BE à la ligne BN, ſi MN eſt perpendiculaire à BNE; parce que cette puiſſance s'avançant de l'eſpace BM, ne s'avanceroit ſelon la direction perpendiculaire de bas en haut que de l'eſpace BN, au lieu que la puiſſance E s'avançant ſelon la direction BE par un eſpace égal à BM, parcourroit un eſpace égal à BM ſelon la même direction perpendiculaire; & afin que ces deux puiſſances fiſſent équilibre, il faudroit que celle qui ſeroit en M, fût à celle qui ſeroit en E, comme BE ou BM, à BN.

La même choſe arrivera à deux jets d'air de même largeur & de même viteſſe, dont l'un, ſçavoir PO parallele à KBM, choqueroit directement

tement une ſurface perpendiculaire BRSE, & l'autre choqueroit directement de bas en haut au point B une ſurface repreſentée par HG, qui ſeroit dans le même plan que la régle AB. Car, ſi ce dernier fait équilibre avec un poids de 2 onces mis en B, l'autre fera équilibre avec un poids d'une once mis au même point; & ſi un autre jet égal à PO choquoit la même ſurface repréſentée par la ligne LBI, ſelon la direction perpendiculaire TO, de bas en haut, il feroit équilibre ſeulement avec une demi once: car la force de ce jet choquant obliquement la ſurface LBI, ſous un angle de trente degrez, n'auroit que la moitié de la force qu'il auroit en la choquant directement ſelon la ligne PO; & parce qu'il ne pourroit ſoûtenir qu'une once par ce choc direct, il n'en ſoûtiendroit qu'une demi par le choc oblique de 30 degrez.

TAB. IVe. Fig. 50. On en a fait l'expérience en la manière ſuivante.

ab eſt le même bras AB de la balance de la figure 49e, aiant ſon centre de mouvement en la ligne *ef*. On atacha à ſon extrémité *b* un coin, ou priſme creux, compoſé de trois petits aix très-minces de même longueur & largeur, ſçavoir DG, EH, HD; le petit aix DEFG étoit ſur la régle *a b* en une ſituation horiſontale; les trois lignes FG, FH, GH, étoient égales entre elles. On avoit mis à l'extrémité *a* un poids tel qu'il faiſoit equilibre avec ce coin. On fit une ouverture ronde *g* d'environ neuf lignes de diamétre au-deſſus d'un tuïau de bois quarré, ſitué horiſontalement, qui portoit le vent d'un grand ſoufflet chargé d'une pierre fort peſante: le vent ſortant par l'ouverture *g* alloit directement de bas en haut. On fit rencontrer vis-à-vis de cette ouverture le milieu de l'aix DEFG, ſitué horiſontalement, après avoir tourné la régle avec ſon eſſieu, en ſorte que la pointe H du coin étoit en haut; & le jet d'air rencontrant directement cette ſurface DG à quatre pouces de diſtance de l'ouverture *g*, fit équilibre avec un poids d'une once. Mais lorſqu'on eût remis le coin en ſa première ſituation, comme on le voit en la figure, le même jet d'air choquant obliquement la ſurface DIFH dans ſon milieu à la même diſtance de quatre pouces de l'ouverture, il ne ſoûtint qu'un quart d'once: car l'angle de l'obliquité du choc étant de trente degrez, il perdoit par cette cauſe la moitié de ſa force; & cette ſurface étant pouſſée par le jet ſelon la direction KM de la 49e figure, & non ſelon la direction BE qui eſt la direction propre de l'extrémité B de la balance, il perdoit encore une moitié de cette moitié de force. On fit enſuite une autre ouverture *m* égale à la premiére, & les deux jets d'air *g* & *m* choquant obliquement les ſurfaces DH, EH, firent équilibre avec une demi once;

TAB. IVe. Fig. 50. mais quand ils vinrent à choquer directement la ſurface DEFG, après qu'on eût tourné la régle avec ſon eſſieu, ils firent équilibre à deux onces préciſément.

TROI-

TROISIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XIV.

SI deux corps égaux ou inégaux, attachés aux extrémitez d'une balance, tombent ſur un appui, en ſorte qu'au moment que la régle qui ſert de balance, rencontre l'appui, il ſe faſſe équilibre entre les deux corps; l'appui recevra plus d'impreſſion par le choc, que ſi la régle le rencontroit autrement.

Aïez une balance comme AB, appuïée ſur la ligne CD, (il faut prendre pour cette ligne le côté d'un priſme triangulaire, dont l'un des plans ſoit poſé ſur une ſurface horiſontale): mettez un poids comme F, près de l'extrémité B, ſoûtenue par l'appui *q*, & un autre petit priſme triangulaire près de l'autre extrémité A, dont la ligne SR ſoit l'un des côtez, laquelle ligne ſervira d'appui à une autre régle LEI, chargée de deux poids L & M, deçà & delà du point E, qui eſt ſuppoſé le centre du mouvement de cette régle IL; faites que ces poids ſoient tellement diſpoſés, que les deux L & M ſoient en équilibre, & qu'ils faſſent auſſi équilibre enſemble avec le poids F. Or ſi vous ajoûtez un petit poids ſur E, le poids F s'élévera; mais ſi vous éloignez le poids M en G, ou en P, le poids F ne s'élévera point, quoique le poids ajoûté demeure, parce qu'alors le poids M ne s'appuïera pas par tout ſon poids ſur la régle AB: & même vous verrez que ſi le poids M eſt 10 ou 12 fois plus éloigné du point E, que le poids L, qu'on ſuppoſe lui être égal, on pourra y ajoûter un très-grand poids, ſans qu'il puiſſe faire élever le poids F; ce qui procéde de ce que ce grand poids ajoûté, ne fait pas tourner la regle LI, ſenſiblement plus vîte que le ſeul poids, égal au poids L; & par conſéquent il ne ſe fait pas un effort ſenſiblement plus grand ſur l'appui SR, pour faire élever le poids L: enfin vous verrez toûjours que le plus grand effort des deux poids L & M, pour faire élever le poids F, ſera lorſqu'ils feront équilibre entre eux, ſoit qu'ils ſoient égaux, & en égales diſtances du point E, ſoit qu'étant inégaux leurs diſtances du point E ſoient en même raiſon réciproque. TAB. II. Fig. 24.

La meme choſe arrivera, ſi l'on ſe ſert de deux jets d'eau au lieu de poids: car vous verrez que leur plus grand effort pour faire élever le poids F, ſera lorſque choquant la régle LI, au deçà & au delà du point E, ils feront équilibre entre eux. D'où il s'enſuit que, ſi une ligne horiſontale comme AB, ſuppoſée inflexible, & chargée à ſes extrémitez des 2 poids inégaux A & B, dont le centre commun de peſanteur ſoit le point E, choque par ce point en tombant la ligne CD; cette ligne TAB. III. Fig. 36.

re-

recevra un plus grand effort par ce choc, que ſi elle avoit été rencontrée par un autre point comme E, prourvû que chaque poids tombe avec la même viteſſe; & que ſi un corps comme G E, eſt pouſſé contre une boule ſuſpendue, ſon plus grand effort pour la faire mouvoir ſera lorſqu'elle ſera rencontrée par le point où paſſe la ligne N M, qui eſt dans la direction du centre de peſanteur de ce corps. La même choſe arrivera, ſi une balance comme A B tournant horiſontalement ſur le pivôt C D, a deux ſurfaces à ſes extrémitez comme A & B, poſées verticalement: car ſi ces ſurfaces ſont entre elles en raiſon réciproque des diſtances A C, B C; elles ſeront équilibre étant pouſſées par un meme vent, & l'effort du vent pour renverſer C D, ſera plus grand, que ſi l'une ou l'autre de ces ſurfaces étoit plus éloignée du point C. Nous appellerons le point par lequel un corps rencontrant un autre, fait le plus grand effort, le centre de percuſſion de ce corps.

TAB. III. Fig. 37.

TAB III. Fig. 35.

PROBLÈME.

PROPOSITION XV.

Etant donnée une ligne, ſe mouvant circulairement à l'entour d'une de ſes extrémitez immobile, trouver le point qui la diviſe en deux parties d'égale quantité de mouvement.

Soit une ligne A B, décrivant par ſon mouvement à l'entour du point A, le ſecteur A B C; on demande quel point diviſera cette ligne en parties d'égales quantitez de mouvement. Que ce point ſoit D, qui décrit l'arc D E; & ſoit diviſée A D en deux également au point F, & B D auſſi également au point G Or la viteſſe du point D en ſon mouvement par l'arc D E, & celle de B, par B C, ſont meſurées par les lignes A D, A B, comme auſſi A F ſera la meſure de la viteſſe du point F, & A G, de celle du point G; car comme ces lignes ſont entre elles, ainſi ces viteſſes ſeront entre elles. Mais G étant le centre de peſanteur de D B, ſi elle eſt diviſée en ſes points à l'infini, toutes les diſtances du point A, à chacun de ces points, ſeront enſemble égales à la ſomme de la diſtance A G, priſe autant de fois; & par conſéquent ſi tous ces points ſe mouvoient ſelon la viteſſe du point G, leurs quantitez de mouvement ſeroient égales enſemble à celles qu'ils ont ſe mouvans ſelon leurs viteſſes particulières par la bande B C E D, & la quantité de mouvement de la ligne D B, comme ſi elle ſe mouvoit toute entière ſelon la viteſſe du point G. Le même ſera dit de la ligne A D; ſçavoir, que ſa quantité de mouvement ſera de meme que ſi elle ſe mouvoit toute entière ſelon la viteſſe du point F. Donc, puiſque le point D eſt ſuppoſé diviſer la ligne A B, en

TAB. III. Fig. 38.

for-

ſorte que les parties AD, BD, ont une égale quantité de mouvement, lorſque la ligne AB ſe meut circulairement ; la quantité de mouvement de la ligne DB, en ſon mouvement par l'eſpace DBCE, ſera égale à celle de la ligne AD, décrivant le ſecteur ADE. Donc le poids de la ligne DB, ſera au poids de la ligne AD, en ce mouvement, réciproquement comme la viteſſe du point F, à la viteſſe du point G. Mais les poids de ces lignes ſont comme les lignes, & leurs viteſſes moïennes, c'eſt-à-dire, celles de leurs centres de peſanteur, ſont comme les lignes AF, AG. Donc, par la quatrième Propoſition, le rectangle AG, DB, ſera la quantité de mouvement de la ligne DB; & le rectangle ADF, celle de la ligne AD; & parce que ces rectangles ſont égaux, DB ſera à AD, comme AF à AG.

Soit maintenant ſur la ligne AB, égale à la ligne donnée, décrit le quarré ABPO, & tirée la diagonale PA, qu'on diviſera en deux parties égales au point *q* ; & aiant ſuppoſé que cette ſeconde ligne AB ſoit diviſée de même que l'autre aux points F, D, G, & que le point D ſoit le point qu'on cherche, ſoient priſes dans la ligne BP, BE égale à AD, & EM égale à DG ; ſoient encore tirées DL parallele & égale à BP, & EH parallele & égale à PO ſe coupant au point G. Il eſt évident que, ſi on tire MI parallele & égale à PL, le rectangle BI, c'eſt-à-dire AG, BD, ou ADF qui lui eſt égal par les raiſonnemens ci-deſſus, ſera égal au rectangle HL plus le rectangle ML. Donc le gnomon BCO ſera double du rectangle ADF, & égal au quarré DH ; & le quarré BO ſera double du quarré DH ; & par conſéquent AB ſera diviſée en D, en ſorte que ſi AB eſt la diagonale d'un quarré, AD en ſera le côté. D'où il s'enſuit que, ſi dans la première ligne AB on prend AD égale à A *q* moitié de AP, D ſera le point qui la diviſe en deux parties d'égale quantité de mouvement, lorſqu'elle ſe meut circulairement à l'entour du point A. Soit appellé ce point qui diviſe une grandeur en deux parties d'égale quantité de mouvement, ſoit que ſes parties ſe meuvent avec des viteſſes égales ou inégales, centre d'agitation.

TAB. III. Fig. 39.

PROBLÈME.

PROPOSITION XVI.

TRouver le centre d'agitation d'une partie d'une ligne, qui ſe meut à l'entour d'un de ſes points extrêmes ; la grandeur de la ligne entière étant donnée & celle de la retranchée.

Soit la ligne AB de 5 pieds, & CB de deux pieds, & l'on veut trouver le centre d'agitation de CB, la ligne AB ſe mouvant à l'entour du point A.

TAB.IV. Fig. 45. Que ce centre ſoit q, & q B ſoit appellée X : ſoit diviſée q B également en R, BR ſera $\frac{1}{2}$ X ; & C B étant 2, & A C, 3, C q ſera $2 - X$; & C S moitié de C q, $1 - \frac{1}{2}$ X. Or, par ce qui a été dit dans la Propoſition quinzième, comme A R eſt à A S, c'eſt-à-dire comme $5 - \frac{1}{2}$ X eſt à $4 - \frac{1}{2}$ X, ainſi réciproquement C q à q B, ou $2 - X$, à X. Donc le rectangle de A R par q B, ſçavoir $5X - \frac{1}{2}X^2$, ſera égal à celui de A S par C q, ſçavoir $8 + \frac{1}{2}X^2 - 5X$; & réduiſant l'équation, $8 + X^2$ ſera égal à 10 X, & X ou q B ſera $5 - \sqrt{17}$. Si donc on fait l'angle B A D droit, & A D égale à l'unité, & C T égale à T B, A T ſera 4, & la ligne T D ſera $\sqrt{17}$; & ſi l'on fait A q égale à D T, B q ſera $5 - \sqrt{17}$, & q ſera le point requis.

Ceux qui ne ſçavent pas l'Algébre, pourront trouver à peu près en faiſant pluſieurs poſitions, la grandeur q B, quelles que ſoient les grandeurs données A B & C B. Comme en cet exemple, on trouvera par le calcul, que $\frac{3}{4}$ eſt un nombre moindre que q B, & $\frac{5}{6}$ un plus grand ; car au premier cas B R ſera $\frac{3}{16}$, A R $4\frac{5}{16}$, A S $3\frac{5}{16}$, & C q $\frac{3}{4}$; le produit de $4\frac{5}{16}$ par $\frac{3}{4}$ eſt $\frac{63}{64}$, & le produit de $3\frac{5}{16}$ par $\frac{3}{4}$ eſt $\frac{189}{256}$; ce qui fait voir que q B eſt plus grande que $\frac{3}{4}$. On verra par un ſemblable calcul que q B eſt moindre que $\frac{5}{6}$, & par conſéquent qu'elle eſt à fort peu près égale à $\frac{7}{9}$ & $\frac{11}{17}$.

TAB IV. Fig. 40. On trouvera auſſi par de ſemblables raiſonnemens, le centre d'agitation d'un triangle iſoſcéle, comme A B C, tournant de plat à l'entour du point A, oppoſé à la baſe B C. Car, ſi A D eſt perpendiculaire à B C, & qu'on la diviſe au point E, en ſorte que le cube de A D ſoit double du cube de A E, le point E ſera ce centre ; ce qu'on prouvera, ſi l'on décrit la pyramide B q C R A, dont la baſe ſoit B q C R, quarré de B C, & que F E G étant parallele à B C, ſon quarré F G S T ſoit la baſe de la petite pyramide F G S T A, ſemblable à la grande, & ſemblablement poſée : car les quantitez de mouvement des lignes infinies en nombre, paralleles à B C, qui ſont priſes pour le triangle A B C, ſeront entre elles comme les quarrez de ces lignes, dans leur mouvement par lequel elles décrivent des ſurfaces cylindriques : mais tous ces quarrez à l'infini compoſent la pyramide B q C R A, & cette pyramide eſt double de la petite, comme le cube de A D eſt double du cube de A E ; & par conſéquent la quantité de mouvement du triangle A F G, ſera égale à celle du trapéze B F G C, & la ligne F G diviſera le triangle A B C en deux parties, dont les quantitez de mouvement ſeront égales, & le point F ſera le centre d'agitation de ce triangle.

PRO-

PROBLÈME.

PROPOSITION XVII.

Trouver le centre de percuſſion d'un pendule compoſé.

Soit le pendule A B ſuſpendu au point A, & chargé de deux poids égaux B & C, aiant décrit par ſon mouvement le ſecteur A B F, & rencontrant par ſon point D, l'arrêt G, en ſorte qu'il ſe faſſe équilibre à l'inſtant du choc, & que toute la force des deux poids agiſſe ſur l'arret G; on demande le point D. Soit fait comme A C à A B, ainſi B D à C D: je dis que D ſera le centre de percuſſion. Car, par la Propoſition treizième de la ſeconde Partie, les quantitez de mouvement des poids B & C, feront le même équilibre, que ſi ces poids immobiles étoient l'un à l'autre comme la viteſſe du point B à celle du point C. Or en ce cas le point D ſeroit le centre de peſanteur de ces deux poids, & ils ſeroient équilibre en ces diſtances du point D. Donc auſſi les poids égaux B & C, aiant leurs quantitez de mouvement en même raiſon, feront équilibre rencontrant l'arret G au point D, par la treizième Propoſition de la ſeconde Partie; & par la 14e, D ſera le centre de percuſſion; ce qui étoit à prouver. TAB. IV. Fig. 41.

Que ſi le meme pendule eſt encore chargé d'autres poids égaux ou inégaux au-deſſous du point A, on trouvera toûjours le centre de percuſſion, en conſidérant les quantitez de mouvément de ces poids, comme ſi c'étoient des poids abſolus qui fuſſent l'un à l'autre en même raiſon que ces quantitez de mouvement; car le point qui ſeroit leur centre de peſanteur, ſera le centre de percuſſion de ces poids, c'eſt-à-dire le point par lequel rencontrant un arrêt, il ſe ſera équilibre entre leurs quantitez de mouvement au moment du choc.

On trouvera auſſi le centre de percuſſion d'une ligne comme A C, ſe mouvant à l'entour d'un de ſes points extrêmes comme A, & décrivant un ſecteur de cercle A C B, ſi l'on diviſe A C en ſorte que A K ſoit double de K C; & on le prouvera, en faiſant voir, que les quantitez de mouvement des points infinis qui ſeront pris en la ligne A C, ſeront entre elles, comme les arcs C B, D G, &c. ou comme les lignes O C*q*, R D S, L*y* M, &c. Car, toutes ces lignes infinies étant priſes enſemble pour le triangle iſoſcéle A O*q*, diviſé également par la ligne A C; le point K, qui eſt le centre de peſanteur de ce triangle, ſera auſſi le centre de percuſſion de la ligne A C, par la quatorzième Propoſition de la ſeconde Partie. TAB. IV. Fig. 42.

On prouvera en la même ſorte, que, ſi le triangle A O*q* ſe meut à l'entour du point A, de manière que la ligne O*q* décrive une ſurface

cylindrique, le centre de percuſſion de ce triangle ſera Z, ſi AZ eſt les trois quarts de la ligne AC.

TAB.IV. Fig. 46. Que ſi l'on veut ſçavoir le centre de percuſſion d'une ligne comme CB faiſant partie de la ligne AB, lorſque toute la ligne ſe meut à l'entour du point A; il faut trouver PA, troiſième proportionnelle aux lignes BA, CA, & C*q* étant le tiers de CA, & BR le tiers de BA, ſoit fait que comme BP eſt à PA, ainſi *q* R ſoit à une quatrième ligne RO; ce point O ſera le point requis: car, ſi ADE eſt un triangle iſoſcéle, DB égale à BE, & MCN parallele à DBE, le point O ſera le centre de peſanteur du trapèze DMNE. Et par les mêmes raiſons que le centre de peſanteur de tout le triangle ADE eſt le centre de percuſſion de la ligne entière AB, on prouvera que le point O, centre de peſanteur du trapèze DMNE, ſera le centre de percuſſion de la ligne CB, partie de la ligne AB, lorſqu'elle ſe meut à l'entour du point A. D'où l'on connoîtra à peu près par quel endroit d'un bâton ou d'une épée, on doit frapper quelque choſe pour donner le plus grand coup: car l'extrémité immobile du bras ſera comme le point A; le bras entier, comme la ligne AC; & le bâton ou l'épée, comme la ligne CB.

PROBLÈME.

PROPOSITION XVIII.

TRouver le centre de vibration d'un pendule compoſé; c'eſt-à-dire, la grandeur d'un pendule ſimple, dont les battemens ſe faſſent en même tems que ceux du compoſé.

TAB.IV. Fig. 41. Soit AB le pendule donné ſuſpendu au point A, & chargé des deux poids égaux C & B, au-deſſous du point A: on demande le point D, tel qu'un pendule ſimple de la grandeur AD, chargé d'un ſeul poids au point D, faſſe ſes battemens en même tems. Soit trouvé par la précédente le centre de percuſſion du pendule compoſé, & ſoit icelui D: je dis qu'il ſera auſſi le centre de vibration. Car le pendule compoſé, rencontrant un arrêt au point D, le choquera de toute la quantité de mouvement des deux poids C & B, par la Propoſition dix-ſeptième de la ſeconde Partie, & de même que ſi un ſeul poids étant au point E, & décrivant l'arc ED, avoit la même quantité de mouvement que les deux poids; c'eſt-à-dire, que ſi le pendule ſimple FH, égal en longueur à AD, eſt chargé en H de ce ſeul poids, il choquera auſſi fort au point I un arrêt, que le pendule AB au point D, ſi les arcs décrits HI, ED, ſont égaux. Il eſt donc néceſſaire que le point E, étant arrivé en D, aille auſſi vîte que le point H, étant arrivé en I: autre-

ment

ment le choc ſeroit moindre ou plus grand que celui des deux poids étant en C & B; ce qui ne peut être. Donc le point D ſera allé de même viteſſe dans le mouvement du pendule AB, que le point H, dans celui du pendule ſimple FH, & par conſéquent les tems de leurs battemens ſeront égaux; ce qui étoit à prouver, & qui eſt conforme aux expériences.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que la longueur d'un pendule ſimple, qui fait ſes battemens en même tems qu'un fil de fer en cylindre, ſuſpendu par une de ſes extrémitez, ſera égale aux deux tiers de la longueur de ce fil de fer, qu'on prend ici pour une ligne droite peſante: car, par la Propoſition précédente, la diſtance du centre de percuſſion ſera aux deux tiers de ce fer.

Il s'enſuit auſſi que le centre de vibration du triangle AO *q* de la figure 42e. ſera aux trois quarts de la ligne AC, quand il ſe meut de plat à l'entour du point A; puiſqu'auſſi en ce cas les centres de percuſſion & de vibration ſont au même point.

PROPOSITION XIX.

Les centres de vibration, agitation, & percuſſion, ſont un même point dans un triangle qui ſe meut ſur ſa baſe.

BCD eſt un triangle, ſe mouvant à l'entour de ſa baſe immobile BC; BA eſt égale à AC; la ligne DA eſt diviſée en pluſieurs parties égales aux points E, F, G, &c; AH eſt égale à HD; KEN eſt parallele à BC, & aux autres lignes tirées dans le triangle, leſquelles nous nommerons F, G, H, &c. Je dis premièrement que dans ce mouvement à l'entour de BC, le point H eſt le centre d'agitation. Car la ligne M, ou ſa peſanteur, eſt à la ligne KN, ou ſa peſanteur, comme DM, c'eſt-à-dire, la diſtance AE eſt à DE, c'eſt-à-dire, la diſtance AM. Donc la quantité de mouvement de la ligne M ſera égale à celle de KN, puiſque leurs peſanteurs & leurs diſtances du point A ſont réciproques, & que leurs viteſſes ſont comme leurs diſtances. Le même ſera dit des lignes F, L, &c. & de toutes celles qui ſeront tirées à l'infini en diſtances égales, d'un côté & d'autre de la ligne RHO. Donc la quantité de mouvement de tout le triangle RDO ſera égale à celle de tout le trapèze BCOR; & par conſéquent le point H ſera le centre d'agitation du triangle entier BCD. Or ſi ce triangle, tournant ſur ſa baſe, rencontre l'obſtacle ou arrêt *q* RHOP, tout ſon mouvement ſera arrêté dans l'inſtant du choc, qui eſt la fin du mouvement circulaire; puiſqu'en cet inſtant, il y aura des égales quantitez de mouvement de part & d'autre de l'arrêt & en diſtances égales.

TAB. IV. Fig. 43.

Donc, par la Propoſition quatorzième de la ſeconde Partie, le point H ſera le centre de percuſſion de ce triangle. Il ſera auſſi ſon centre de vibration, par la précédente; ce qu'il faloit prouver.

PROBLÈME.

PROPOSITION XX.

Trouver le centre de percuſſion d'un pendule compoſé de deux poids, lorſqu'ils ſont de part & d'autre du point de ſuſpenſion.

TAB. IV. Fig. 47. Soit ABCDK une ligne inflexible, où ſoient atachés les deux poids A & C tels qu'on voudra, compoſant le pendule AC, dont le point de ſuſpenſion ſoit B, pris où l'on voudra, pourvû que le poids C emporte le poids A: on demande le centre de percuſſion de ce pendule.

Soient décrits du centre B, les arcs ſemblables AL, CI. Or ſi l'on ſuppoſe que le poids C ſoit venu de I en C, le poids A aura décrit en même tems l'arc LA; & leurs viteſſes acquiſes aux points A & C ſeront entre elles comme BC à BA. Soit la quantité du mouvement du poids C, s'étant mû par l'arc IC, à la quantité du mouvement du poids A, s'étant mû par l'arc LA, comme FE à GE; & comme leur différence FG eſt à la moindre GE, ainſi ſoit la diſtance AC à CD: je dis que D eſt le centre de percuſſion, & que s'il y a un arrêt H au point D, il arrêtera tout le mouvement des deux poids A & C, ſi le point D s'y atache. Car, en renverſant, EG ſera à GF comme DC à CA; &, en compoſant, EF ſera à EG, comme DA à DC. Donc, par la treizième Propoſition de la ſeconde Partie, les deux poids ſeront équilibre & s'arrêteront l'un l'autre au moment de la rencontre de l'arrêt H; puiſque DA étant comme un bras d'une balance, les diſtances DC, DA, ſeront réciproquement en même raiſon que les quantités de mouvement de ces poids, c'eſt-à-dire, comme GE à FE; ou, ce qui eſt la même choſe, puiſque le produit ſolide du poids A & des deux grandeurs AB, AD, eſt égal au produit ſolide du poids C & des deux grandeurs BC, CD: & parce que cet arrêt fait perdre tout le mouvement des 2 poids, il s'enſuit qu'il en reçoit tout l'effort.

Que s'il y a pluſieurs poids tels qu'on voudra au-deſſus du point B, comme N & A, & pluſieurs au-deſſous, comme M & C, en telles diſtances qu'on voudra; on trouvera le centre de percuſſion de ce pendule compoſé en cette ſorte. Il faut trouver, par la Propoſition dix-ſeptième, le centre de percuſſion des poids du deſſus, & celui des poids du deſſous, de même que ſi BA & BC étoient des pendules ſéparés: & ſuppoſé que le point *q* ſoit le centre de percuſſion du pendule

dule BA, composé des deux poids N & A, & P celui du pendule BC, composé des poids M & C; on ôtera la somme des quantitez de mouvement des deux poids du dessus, de la somme de celles des poids du dessous, & on fera que comme la différence de ces sommes est à la moindre, ainsi la distance de ces deux centres, sçavoir la ligne qP, soit a PD; & le point D sera le centre de percussion de ce pendule composé de 4 poids, se mouvant à l'entour du point B, & on le prouvera par la Proposition treizième de la seconde Partie, en montrant qu'il y aura même raison de la distance DP à la distance Dq, que de la somme des quantitez de mouvement des poids N & A, qui sont leur effort au point q, à la somme de celles des poids M & C, qui sont leur effort au point P.

EXEMPLE EN NOMBRES.

SOit RST un pendule inflexible de cinq pieds, aiant son centre de mouvement au point S, dans la ligne ponctuée ZSX, qui représente un fil étendu fortement & ataché au point S pour soûtenir le pendule. Soit la distance SR de trois pieds, le poids R de deux onces, & le poids T de quatre onces Or la quantité de mouvement du poids R sera six, & celle du poids T sera huit, par la quatrième Proposition de la première Partie; leur différence est deux; cette différence deux est à six, moindre quantité de mouvement, comme cinq, longueur du pendule RT, est à quinze; d'où l'on connoîtra que si TV est de quinze pieds, RTV étant une ligne inflexible, le point V sera le centre de percussion de ce pendule RST, prolongé en V, chargé des deux poids R & T selon l'hypothèse. TAB. IV. Fig. 51.

PREMIÈRE CONSÉQUENCE.

Il suit de la première Partie de cette Proposition, & de la première Partie de la dix-septième, que dans les pendules composés de deux poids, les centres de percussion & de suspension sont réciproques: c'est-à-dire, que si le pendule AD, chargé des deux poids A & C, étant suspendu au point B, a pour son centre de percussion le point D; le même pendule étant suspendu au point D, aura le point B pour son centre de percussion. Car, puisque la quantité de mouvement du poids C dans ce pendule se mouvant à l'entour du point B est le produit de la distance BC par le poids C, le produit de cette quantité de mouvement par la distance DC sera le produit solide de la distance BC, du poids C, & de la distance DC; &, par la même raison, le produit de la même quantité de mouvement du poids A, par la distance DA, sera le produit solide de la distance BA, du poids A, & de la distance DA. Or ces produits solides sont égaux entre eux par la treizième TAB IV. Fig. 47.

zième Propoſition de la ſeconde Partie, puiſque D eſt le centre de percuſſion, par la vingtième. Mais, ſi on renverſe le même pendule, & que D ſoit le centre de ſuſpenſion, alors le point B ſera le centre de percuſſion: car le produit ſolide A B par la quantité de mouvement du poids A (laquelle quantité de mouvement eſt le produit de D A par le poids A) ſera égal au produit ſolide de B C par la quantité de mouvement du poids C, laquelle eſt le produit de DC par le poids C; & cette égalité de ſolides eſt évidente, puiſque ces deux derniers ſont les mêmes que les deux ci-deſſus, étant formés par les mêmes grandeurs. Donc, par la Propoſition dix-ſeptième, B ſera le centre de percuſſion de ce pendule, ſe mouvant à l'entour du point D, & par conſéquent les points de ſuſpenſion & de percuſſion de ce pendule ſont réciproques.

SECONDE CONSÉQUENCE.

TAB. IV°. fig 52. Il ſuit de la ſeconde Partie de cette Propoſition, que, ſi une ligne droite comme $\alpha \gamma \beta$ eſt diviſée au point γ, en ſorte que $\beta \gamma$ ſoit double de $\gamma \alpha$, & qu'on la conſidére comme un pendule, dont le centre de mouvement ſoit au point γ, ſon centre de percuſſion ſera au point β. Car, ſoit diviſée $\alpha \gamma$ au point ε, & $\beta \gamma$ au point δ, en même raiſon que la ligne $\alpha \beta$ l'eſt au point γ; ε ſera le centre de percuſſion de la ligne $\gamma \alpha$, conſidérée comme un pendule ſéparé, ſe mouvant à l'entour du point γ; & δ, celui de $\gamma \beta$, ſe mouvant à l'entour du même point γ, par la Conſéquence de la dix-huitième Propoſition: & parce que $\beta \gamma$ eſt double de $\gamma \alpha$, $\delta \gamma$ ſera double de $\gamma \varepsilon$; & étant auſſi double de $\delta \beta$, $\gamma \varepsilon$ & $\delta \beta$ ſeront égales, & $\delta \varepsilon$ ſera triple de $\delta \beta$. Mais, $\gamma \beta$ étant diviſée en deux parties égales au point θ, & $\gamma \alpha$ au point λ, la quantité de mouvement des points infinis de la ligne $\alpha \gamma$, conſidérée comme peſante, ſe mouvant à l'entour du point γ, ſera la même que ſi tout leur poids étoit au point λ; & la quantité de mouvement des points infinis de la ligne $\gamma \beta$ ſera auſſi la même que ſi tout leur poids étoit au point θ, par ce qui a été dit dans la quinzième Propoſition. Mais le poids abſolu de la ligne $\gamma \beta$ eſt double du poids abſolu de la ligne $\gamma \alpha$, & la diſtance $\gamma \theta$ eſt double de la diſtance $\gamma \lambda$. Donc la quantité de mouvement de la ligne $\gamma \beta$ ſera quadruple de celle de la ligne $\gamma \alpha$, lorſque la ligne entière $\alpha \beta$ ſe meut à l'entour du point γ. Or, comme la différence des quantitez de mouvement des lignes $\alpha \gamma$, $\gamma \beta$, ſçavoir 3, eſt à l'unité qui eſt la moindre des deux, ainſi $\varepsilon \delta$, diſtance des deux centres de percuſſion, eſt à $\delta \beta$, puiſque $\varepsilon \delta$ eſt triple de $\delta \beta$, Donc, par ce qui a été dit en la deuxième partie de cette Propoſition, β ſera le centre de percuſſion du pendule $\alpha \gamma \beta$, ſe mouvant à l'entour du point γ; & d'autant que par la troiſième partie de la Propoſition dix-ſeptième de la ſeconde Partie, le centre de percuſſion d'une ligne comme $\alpha \gamma \beta$, ſuſpendue au point β, eſt

aux

aux deux tiers de cette ligne, ſçavoir au point y ; il s'enſuit que les points ou centres de percuſſion & de ſuſpenſion d'un fil de fer étendu en ligne droite ſont réciproques.

On pourra ſe ſervir de ces dernières Propoſitions pour trouver facilement les centres de vibration des pendules chargés de pluſieurs poids; c'eſt-à-dire, pour trouver les points où ſe terminent les longeurs des pendules ſimples qui font leurs battemens en même tems que les pendules compoſés. Car, puiſque ces centres de vibration ſont les mêmes que ceux de percuſſion, comme il a été prouvé dans la Propoſition 18e. de la 2e. Partie, & comme on le reconnoît par toutes ſortes d'expériences ; on peut emploïer les mêmes régles pour les trouver. Ainſi on trouvera que SV dans la 51e. figure [Tab. IV *] ſera la longueur du pendule ſimple qui ſera ſes battemens ou vibrations en même tems que le pendule compoſé RST, qui a le point S pour ſon centre de mouvement; & on en fera l'expérience en cette ſorte.

Aïez un fil de fer de deux pieds & demi de longeur & d'environ une ligne d'épaiſſeur qu'on prendra pour la ligne RST ; atachez-y deux balles de plomb aux points R & T, dont la première pèſe deux onces, & l'autre quatre; prenez la diſtance TS d'un pied, RS ſera d'un pied & demi: liez deux filets au point S, & en tenez les extrémitez avec les deux mains de part & d'autre, & les bandez fermement, en ſorte que les deux faſſent à peu près une ligne droite horiſontale, lorſque ce pendule ſera ſes vibrations ; & parce que la longeur SV doit être de huit pieds & demi, (pour la facilité de l'expérience, on prend ici toutes les meſures moindres de moitié que dans l'exemple en nombres ci-deſſus) il faudra avoir un pendule ſimple de huit pieds & demi, c'eſt-à-dire, un fil très-délié, aiant une petite balle de plomb à ſon extrémité, dont le centre ſoit diſtant de huit pieds & demi du point de ſuſpenſion; & vous verrez qu'en le faiſant mouvoir en même tems que l'autre, ils s'accorderont en leurs battemens à fort peu près, n'étant pas poſſible qu'ils s'accordent dans la dernière préciſion, à cauſe de la peſanteur du fil de fer, de laquelle on fait abſtraction, & que le centre de percuſſion de chaque balle conſidérée ſeule n'eſt pas au même point que ſon centre de peſanteur, mais en un autre point un peu plus éloigné du point de ſuſpenſion.

Lorſque les poids ſont tous au-deſſous du point de ſuſpenſion, on trouvera par le calcul le centre de vibration, qu'on ſuppoſe être le même que celui de percuſſion en la manière ſuivante.

DCMNA en la figure quarante-ſept eſt un pendule qu'on ſuppoſe ici être renverſé & ſuſpendu par le point D, & chargé des poids C, M, N, A, dont le ſecond M pèſe quatre onces, & les trois autres chacun deux onces; la longueur DC eſt ſuppoſée de deux pieds, DM de cinq pieds, DN de neuf pieds, & DA d'onze pieds; la quantité de mouvement du poids C ſera quatre, & celle du poids M vingt, par la TAB. IV. Fig. 47.

quatrième Propoſition, leur ſomme ſera vingt-quatre; or vingt-quatre eſt à quatre, qui eſt la moindre, comme CM ou 3 eſt à $\frac{1}{2}$. Donc le point P ſera le centre de vibration du pendule DCM, conſidéré ſeul, ſi MP eſt d'un demi pied; car MP ſera à PC réciproquement comme quatre à vingt. Par un ſemblable calcul, la quantité de mouvement du poids N ſera dix-huit, & celle du poids A vingt-deux; leur ſomme ſera quarante; quarante eſt à dix-huit comme NA ou 2 eſt à $\frac{18}{40}$, ou $\frac{9}{10}$. Donc le point Q ſera le centre de vibration du pendule DA conſidéré comme chargé des ſeuls poids N & A, ſi AQ eſt de $\frac{9}{10}$ de pied; car AQ ſera à QN, réciproquement comme dix-huit à vingt-deux: la diſtance PQ ſera par conſéquent cinq pieds $\frac{1}{2}$. Or, la ſomme des quantitez de mouvement ci-deſſus vingt-quatre & quarante, eſt ſoixante-quatre; 64 eſt à la moindre 24, comme la diſtance entière PQ ou $\frac{11}{2}$ eſt à $2\frac{1}{10}$; ce qui fait voir que QB étant de deux pieds & $\frac{1}{10}$, le point B ſera le centre de vibration du pendule DA, chargé des quatre poids C, M, N, A, puiſque QB ou $\frac{21}{10}$ eſt à BP ou $\frac{11}{2}$ comme 24 à quarante. Or QN eſt $\frac{11}{10}$ & QB $\frac{11}{10}$. Donc NB ſera $\frac{10}{10}$ ou l'unité, & DN étant de neuf pieds par ſuppoſition, DB ſera de 8 pieds; d'où il s'enſuit qu'un pendule ſimple de huit pieds fera ſes battemens en même tems que le pendule DA ſuſpendu au point D, & chargé des quatre poids C, M, N, A, & on le connoîtra par l'expérience. L'expérience ſera voir auſſi, que ſi on ſuſpend ce même pendule par le point B, il s'accordera encore en ſes battemens avec le même pendule ſimple de huit pieds; & que ſi on a un fil de fer comme $\alpha\beta$ de ſix pieds, & un pendule ſimple de quatre pieds, ce pendule fera ſes battemens en même tems que le fil de fer, ſoit qu'on le ſuſpende par l'extrémité α, ou par le point γ, la diſtance $\alpha\gamma$ étant de deux pieds.

TAB. IV. Fig. 52.

PRINCIPE OU AXIOME.

PROPOSITION XXI.

LEs corps de même matière égaux & ſemblables, & ſemblablement poſés, tombent par un même milieu fluide avec des viteſſes égales entre elles, tant au commencement de leur chûte, que dans la continuation.

QUA-

QUATRIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

PROPOSITION XXII.

LEs corps de même matière égaux & ſemblables, & ſemblablement poſés, tombent avec des viteſſes inégales à travers des corps fluides de différentes condenſations.

L'expérience en eſt aiſée, ſi on laiſſe tomber en même tems deux balles de plomb égales, l'une dans l'air, & l'autre dans de l'eau, d'une profondeur conſidérable, ſa chûte commençant depuis la ſurface ſupérieure de l'eau; car on verra que dans le même tems que cette dernière emploïera pour aller juſques au fond de l'eau, l'autre aura paſſé un eſpace ſenſiblement plus grand dans l'air. On peut encore en faire l'expérience en la manière ſuivante.

Aïez deux cylindres creux de verre, AB, CD, de quinze ou vingt pouces de hauteur & de 8 ou 10 lignes de largeur, fermés à l'un des bouts: mettez une plume de duvet de cinq ou ſix lignes de largeur en chacun de ces cylindres: tirez enſuite la plus grande partie de l'air du cylindre CD, par le moïen d'une machine qu'on appelle machine à faire le vuide, en ſorte que celui qui y demeurera, ſoit environ 1000 fois plus raréfié que l'air ordinaire: & après l'avoir fait ſeeller hermétiquement (le cylindre AB étant auſſi fermé exactement par les deux bouts) vous verrez que, ſi vous renverſez tout-à-coup ces cylindres, en ſorte que le deſſous, où ſeront les petites plumes, devienne le deſſus, la petite plume qui ſera dans le cylindre AB, emploïera environ trois fois autant de tems à aller au fond, que celle qui ſera dans le cylindre CD. Donc les corps de même matiere &c. ce qu'il faloit prouver par expérience. TAB. IV. Fig. 53.

PROPOSITION XXIII.

LEs corps plus peſans que l'air, étant lâchés dans l'air, accélérent leurs viteſſes en tombant juſques à ce qu'ils aillent auſſi vîte que le vent qui peut les ſoûtenir, ſouffiant perpendiculairement de bas en haut.

La réſiſtance de l'air eſt égale, ſoit qu'il ſe meuve contre un corps, ſoit que le corps ſe meuve contre lui. Donc, ſi la viteſſe de l'air s'élevant de bas en haut, peut faire équilibre avec le premier effort que fait un corps peſant pour deſcendre avec ſa première petite viteſſe, & qu'il ſoit ſoûtenu ſans tomber; lorſque, dans un air ſans mouvement, ce corps aura acquis la même viteſſe de l'air qui le ſoûtenoit, il y aura encore é-

quilibre entre la réſiſtance que l'air ſera au mouvement de ce corps, & le même premier effort ou vertu de tomber qui demeure toûjours dans ce corps; & par conſéquent ce premier effort, qui ajoûtant ſans ceſſe la première petite viteſſe qu'il doit produire, à la viteſſe acquiſe, cauſe l'accélération, ne l'y ajoûtera plus; & par cette raiſon le corps continuera à deſcendre uniformément avec la viteſſe qu'il aura acquiſe depuis le haut de ſa chûte juſques à cet endroit d'équilibre. On appellera cette viteſſe acquiſe avec laquelle le corps continue à deſcendre uniformément ſans plus accélérer ſon mouvement, ſa viteſſe totale, ou ſa viteſſe complette.

PROPOSITION XXIV.

LEs corps égaux & ſemblables, & ſemblablement poſés, qui tombent à travers des fluides de différentes condenſations, ne prennent pas des viteſſes complettes, égales entre elles; mais elles ſont moindres dans les fluides plus denſes.

D'autant que les corps fluides de différentes peſanteurs qui ſont mûs avec des viteſſes égales, ſoûtiennent des poids inégaux, par la deuxième Conſéquence de la Propoſition 9e. de la ſeconde Partie; il s'enſuit qu'un fluide peſant comme l'eau, allant de bas en haut, emploïera pour ſoûtenir un même corps, une viteſſe beaucoup moindre que celle avec laquelle l'air le peut ſoûtenir. Donc, par la Propoſition précédente, ce même corps, en deſcendant par l'air, prendra une viteſſe complette beaucoup plus grande qu'en deſcendant à travers quelque eau immobile.

PROPOSITION XXV.

LEs corps égaux en volume, ſemblables & ſemblablement poſés, & de peſanteurs inégales, acquierent en tombant à travers l'air des viteſſes complettes qui ſont l'une à l'autre ſelon la raiſon ſous-doublée de leurs poids.

D'autant que les jets d'air de même largeur & de différentes viteſſes ſoûtiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des viteſſes différentes, s'ils les choquent de même manière, par la première Conſéquence de la Propoſition 9e. de la ſeconde Partie; en renverſant, ces viteſſes ſeront l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée des poids: & parce que les viteſſes complettes des corps peſans ſont entre elles comme les viteſſes de l'air qui peut les ſoûtenir, par la Propoſition vingt-troiſième de la ſeconde Partie; il s'enſuit que les corps inégaux en peſanteur & égaux en groſſeur, ſemblables & ſemblablement poſés, auront leurs viteſſes complettes en la raiſon ſous-doublée de leurs peſanteurs inégales; ce qu'il faloit prouver.

PROPOSITION XXVI.

LEs viteſſes complettes des corps de différentes grandeurs & de ſemblable matière, ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des peſanteurs de ces corps,

corps, ſi les ſurfaces par leſquelles ces corps choquent l'air directement, ſont égales.

Soient A & B deux cylindres de plomb, aiant leurs baſes égales & paralleles à l'horiſon, & leurs hauteurs inégales; je dis qu'ils acquerront en deſcendant des viteſſes complettes, qui ſeront l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée de leurs hauteurs, qui eſt la même que celle de leurs poids. Car les jets d'air auſſi bien que ceux d'eau, inégaux en viteſſe & d'égale largeur, ſoûtiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de leurs viteſſes différentes, par la première Conſéquence de la Propoſition neuvième de la ſeconde Partie. Donc ces cylindres aiant leurs baſes égales ſeroient rencontrés par des jets d'air égaux qui s'éléveroient directement, & par conſéquent ils rencontreront autant d'air l'un que l'autre en deſcendant: & aiant acquis leurs viteſſes complettes, qui ſont les mêmes que celles de l'air qui pouvoit les ſoûtenir, & ſelon leſquelles ils continuent leurs deſcentes uniformément; ces viteſſes ſeront l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée des peſanteurs de ces cylindres, c'eſt-à-dire, que ſi le cylindre A a ſon axe quadruple de celui du cylindre B, de même matiére & de même diamétre de baſe, la viteſſe complette du premier ſera double de celle de l'autre. TAB. IV. Fig. 54.

CONSÉQUENCE.

Il s'enſuit que, ſi on fait tomber de plat un quart de feuille de papier en mettant un petit poids au milieu, & qu'on en faſſe tomber quatre quarts de même grandeur & figure que le premier, poſés l'un ſur l'autre, & chargés auſſi d'un poids au milieu tel que les quatre quarts de feuille, avec leur poids au milieu, pèſent quatre fois autant que le quart de feuille ſeul avec ſon petit poids au milieu; la viteſſe complette des quatre feuilles ſera double de celle de la feuille ſeule; & que s'il y a neuf quarts de feuilles l'un ſur l'autre, qui péſent neuf fois autant avec leur petit poids au milieu, que la feuille ſeule, leur viteſſe complette ſera trois fois plus grande: comme auſſi, ſi on ſuſpend une feuille de papier a un long fil fort délié, atachè par ſes deux bouts à un plancher à des cloux diſtans l'un de l'autre de quatre ou cinq pieds, en ſorte qu'on puiſſe poſer la feuille par ſon pli ſur le plus bas du fil recourbé, & qu'en la faiſant mouvoir en pendule elle rencontre l'air de plat, & qu'enſuite au lieu d'une feuille on y en mette quatre ou neuf; les quatre feuilles parcourront en remontant de leur point de repos, un arc de cercle qui ſera double de celui qu'aura parcouru la feuille ſeule, & les neuf feuilles parcourront un arc qui en ſera triple. On ſuppoſe que les poids des pendules paſſent en remontant des arcs proportionnels aux viteſſes acquiſes par leur chûte, comme il a été expliqué dans la première Propoſition de la première Partie; & que le fil du pendule ſoit aſſez long pour faire que les neuf feuilles élevées à

un arc de ſoixante ou quatre-vingt degrez, puiſſent acquérir leur viteſſe complette avant que d'arriver à leur point de repos.

PROPOSITION XXVII.

Les corps inégaux en peſanteur qui rencontrent des réſiſtances de l'air ſelon la proportion de leurs poids, deſcendent également vîte & acquièrent des viteſſes complettes égales.

TAB. VI. Fig. 55. Soit le cylindre A, de bois ou de plomb, deux fois plus petit que le cylindre BC de même matière, aiant leurs baſes égales: je dis qu'ils deſcendront également vîte, & que leurs viteſſes complettes ſeront égales ſi leurs axes ſont paralleles à l'horiſon. Car il eſt évident que le grand rencontrera deux fois plus d'air, & par conſéquent les réſiſtances que l'air fait à ces cylindres, ſont en meme raiſon que les poids. Or ſi on diviſe le cylindre BC en deux parties égales, par le plan D parallele aux baſes, & qu'on les ſépare, chacune d'elles étant ſemblable & ſemblablement poſée & égale au cylindre A, elle deſcendra de même, par la vingt-unième Propoſition de cette ſeconde Partie. Donc étant contigues elles tomberont encore de même, parce que l'air qui gliſſe le long des baſes, ne retarde point leur deſcente; puiſqu'étant ſuppoſées très-unies & polies, l'air ne s'y atache point, & qu'elles ne ſont aucunement expoſées à ſon choc, en tombant perpendiculairement.

TAB. IV. Fig. 56. La même choſe arrivera, par les mêmes raiſons, aux parallelépipédes inégaux en longueur de même matière, *a* & *b*, ſi leurs baſes inégales *d c* & *e f* ſont horiſontales. On peut encore démontrer cette Propoſition en la manière ſuivante.

Les jets d'air qui ſortent de différentes ouvertures & qui ont des viteſſes égales, ſoûtiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en la raiſon des ſurfaces de ces ouvertures, par la ſeconde Conſéquence de la Propoſition neuvième de la ſeconde Partie. Mais les jets d'air qui choquent les baſes inégales *d c* & *e f* des ſolides inégaux *a* & *b*, ont les mêmes largeurs que ces baſes, & les poids de ces ſolides ſont entre eux comme ces baſes. Donc ces ſolides ſeront ſoûtenus par un même vent ſouffiant de bas en haut, & par la Propoſition vingt-troiſième, ils acquerront des viteſſes complettes égales, & auront toûjours les mêmes viteſſes en leurs deſcentes; ce qu'il faloit prouver.

On en fera l'expérience en la manière ſuivante. Faites deux ronds de carton, dont le plus grand ait ſon diamétre double de celui de l'autre, chargés vers leurs centres de petites plaques de plomb peu larges à proportion des cartons; & faites que, ſi le grand rond avec ſa plaque pèſe une once, le petit avec ſa plaque ne pèſe que ¼ d'once: laiſſez-les tomber de 60 ou 80 pieds de hauteur en même tems; vous verrez qu'ils deſcendront avec une même viteſſe à fort peu près. D'où il s'enſuit, que les cylindres de même matière & hauteur, aiant leurs baſes horiſontales,

les, deſcendent avec même viteſſe, quelles que ſoient leurs baſes.

PROPOSITION XXVIII.

LEs cubes de même matière & de grandeurs inégales ont leurs viteſſes complettes en raiſon ſous-doublée de leurs côtez ; & les boules inégales de même matière, en raiſon ſous-doublée de leurs diamétres.

Soient deux cubes A & B, dont les côtez ſoient, l'un d'un pouce, & l'autre de quatre pouces: il eſt manifeſte que, ſi vers la baſe du plus grand on prend la même hauteur du cube A, il y aura ſeize petits cubes d'un pouce de hauteur, chacun deſquels ſera égal au petit cube A; & par la précédente, ſi le cube A & le ſolide BC, dont la baſe eſt ſuppoſée égale à celle du cube B, & la hauteur d'un pouce, tombent de plat, c'eſt-à-dire, ſi leurs baſes ſont paralleles à l'horiſon en tombant, ils deſcendront également vîte. Mais pour rendre ce ſolide égal & ſemblable au grand cube B, il faudra mettre encore trois rangs chacun de ſeize petits cubes d'un pouce, comme ceux de la figure *cb*; & ce dernier cube, qui ſera de 64 pouces cubes, peſera 4 fois autant que le parallelépipéde *bc*, compoſé de ſeize cubes d'un pouce. Donc, par la vingt-ſixième Propoſition de la ſeconde Partie, ſa viteſſe complette ſera double de celle du parallelépipéde *bc*, c'eſt-à-dire, du petit cube A, dont le côté n'eſt que le quart du côté du grand cube. TAB. IV. Fig. 57. TAB. IV. Fig. 57.

Soit maintenant une boule D, dont le diamétre ſoit quatre fois plus grand que celui de la boule E. Le grand cercle de l'un ſera 16 fois plus grand que celui de l'autre ; & par conſéquent, la réſiſtance de l'air ſera ſeize fois plus grande à ſon égard: mais la grande boule peſera 64 fois davantage. Donc, ſi on ſuppoſe que la grande ſoit diviſée en ſeize parties égales, poſées de manière que chacune d'elles trouve une réſiſtance égale à celle que trouve la petite boule en traverſant l'air, chacune de ces parties peſera quatre fois autant que la petite boule. Donc, par la vingt-ſixième Propoſition, la viteſſe complette de chacune ſera double de celle de la petite boule : mais la réſiſtance de l'air à la grande boule ſera auſſi ſeize fois plus grande qu'elle n'eſt à la petite; & parce qu'elle eſt égale en peſanteur aux ſeize diviſions enſemble, ſoit qu'elles ſoient contigues ou ſéparées, elle deſcendra auſſi vîte, & ſa viteſſe complette ſera la même, par la Propoſition précédente. Donc elle aura même raiſon à la viteſſe complette de la petite boule A, c'eſt-à-dire, comme 2 à 1, qui eſt la raiſon ſous-doublée de 4 à 1. La même proportion ſe trouvera entre toutes les autres boules de même matière, & on le prouvera par de ſemblables raiſons. TAB. IV. Fig. 58.

PROPOSITION XXIX.

S'Il y a des boules inégales de différentes matières, & que la peſanteur ſpécifique de la matière de la grande boule ſoit à la peſanteur ſpécifique de

de la matière de la petite, réciproquement comme le diamètre de la petite eſt au diamètre de la grande ; elles deſcendront également vîte, & leurs viteſſes complettes ſeront égales.

TAB. IV. Fig. 59. Soit la boule A plus grande que la boule B, & ſoit le diamétre A au diamétre B, comme la peſanteur ſpécifique de la boule B eſt à la peſanteur ſpécifique de la boule A : je dis que leurs viteſſes complettes ſeront égales. Car, ſoit une troiſieme boule C de même matière que la grande A, & d'égal volume à la petite B ; la viteſſe complette de la boule B ſera à celle de la boule C en raiſon ſous-doublée de la peſanteur à la peſanteur, par la vingt-cinquiéme Propoſition de la ſeconde Partie. Mais, par la précédente, la viteſſe complette de la boule A eſt à la viteſſe complette de la boule C, en raiſon ſous-doublée du diamétre A au diamétre C ou B ; & la peſanteur de la boule B eſt à la peſanteur de la boule C, par l'hypothéſe, comme le diamétre de la boule A eſt au diamétre de la boule C. Donc la viteſſe complette de la boule A & celle de la boule B auront même raiſon à la viteſſe complette de la boule C ; & par conſequent ces viteſſes ſeront égales ; ce qu'il faloit démontrer. On en ſera l'expérience en cette ſorte.

Prenez une balle de plomb de quatre lignes de diamétre, & une boule de bois de buis, ou d'autre bois fort peſant, dont la peſanteur ſpécifique ſoit à celle du plomb comme 1 à 9 : donnez à cette boule trois pouces de diamétre, ce diamétre ſera neuf fois plus grand que celui de la balle de plomb, & par conſéquent les diamétres ſeront en raiſon réciproque des peſanteurs ſpécifiques : laiſſez-les tomber en même tems de 100 ou de 120 pieds de hauteur, vous les verrez deſcendre enſemble & arriver au même moment à terre ; d'où il doit arriver qu'aiant enfin acquis leurs viteſſes complettes, elles ſeront égales. On en a fait l'expérience avec une boule de liége & une de cire : & parce que la cire a ſa peſanteur ſpécifique quadruple de celle de liége à fort peu prés, on fit le diamétre de la balle de liége de douze lignes, & celui de la balle de cire de trois lignes ; ces deux balles tombérent de la hauteur de quarante-cinq pieds avec des viteſſes égales.

PROPOSITION XXX.

Les boules de même poids & de différentes grandeurs ont leurs viteſſes complettes en raiſon réciproque de leurs diamétres.

TAB. IV. Fig. 60. AB & CD ſont des boules d'un poids égal, dont CD eſt la plus grande ; je dis que la viteſſe complette de la petite AB ſera à celle de la grande CD, réciproquement comme le diamétre CD eſt au diamétre AB. Car, ſoit la ligne *a* égale au diamétre AB, & la ligne *b* égale au diamétre CD ; & les lignes *a*, *b*, *c*, *d*, étant continuellement proportionnelles, ſoit tirée la ligne *e*, moïenne proportionnelle aux deux *b* & *c*, cette ligne ſera auſſi moïenne proportionnelle entre *a* & *d*. Soit encore la boule F égale

égale en volume à la boule AB, & de même matière que la boule CD. Or la viteſſe complette de la boule AB ſera à celle de la boule CD, en la raiſon compoſée de celle de la boule AB à celle de la boule F, & de celle de la boule F à celle de la boule CD. Mais, par la Propoſition vingt-huitième de la ſeconde Partie, la viteſſe complette de la boule AB ſera à celle de la boule F comme la ligne *d* à la ligne *e*, moïenne proportionnelle entre *a* & *d*, parce que leurs poids ſont en la raiſon du volume de la boule CD au volume de la boule F, c'eſt-à-dire, en raiſon triplée des diamétres CD, AB; & *d* eſt à *a*, par la conſtruction, en la même raiſon triplée du diametre CD au diamétre AB. Mais, par la Propoſition vingt-huitième, la raiſon de la viteſſe complette de la boule F ſeroit à celle de la boule CD, en la raiſon de la même ligne *e* à la ligne *c*, c'eſt-à-dire, en la raiſon ſous-doublée de *b* à *c*, qui eſt la même que la raiſon ſous-doublée du diamétre AB au diamétre CD. Or la raiſon compoſée de ces deux raiſons *d* à *e* & *e* à *c* eſt la raiſon de *d* à *c*, ou du diamétre CD au diamétre AB. Donc les boules de même poids &c. ce qu'il faloit prouver.

PROPOSITION XXXI.

ABC, DEF, ſont deux cones égaux & ſemblables & d'égale peſanteur, dont l'un eſt ſuppoſé tomber dans l'air par ſa baſe BC, & l'autre par ſa pointe F; je dis que la viteſſe complette du premier ſera moindre que celle de l'autre, ſelon la Propoſition, de DG demi diamétre de la baſe DE, au côté DF. Car, ſi un vent ſouffiant de bas en haut choquoit ces cones, la largeur des jets ſeroit égale, ſçavoir les baſes BC & DE. Mais, à cauſe du choc oblique contre le cone DEF, le même air qui le rencontrera, ſupportera un moindre poids que s'il choquoit directement la baſe BC, & ces poids ſeroient en raiſon ou proportion de DG à DF, par la Propoſition cinquième de la ſeconde Partie, en ſorte que ſi FD eſt quadruple de DG, il faudra que le cone ABC ſoit 4 fois plus peſant pour être ſoûtenu de même que l'autre cone. Donc, par la Propoſition vingt-ſixième de la ſeconde Partie, le poids du cone ABC, demeurant égal à celui de DEF, il ne faudroit pour le ſoûtenir que la moitié de la viteſſe du vent qui ſoûtiendroit le cone DEF tombant par ſa pointe; & par la Propoſition vingt-troiſiéme, le cone DEF aura ſa viteſſe complette double de celle du cone ABC, s'ils ſont égaux en peſanteur & qu'ils tombent ſelon ces poſitions; & afin qu'ils tombent avec des viteſſes égales, il faudra charger la baſe BC d'un tel poids que le cone ABC avec ce poids ſoit 4 fois plus peſant que le cone DEF. On en a fait pluſieurs expériences, dans la premiére deſquelles, le côté DF étoit triple de DG, les cones étoient comme des cornets de papier; on appliqua à la baſe BC une plaque de plomb, enfermée entre deux ronds de car-

TAB. IV. Fig 61.

ton, & on mit dans l'autre cone de petites balles de plomb pour charger la pointe F, juſques à ce que leur poids avec celui du papier fût le tiers de celui du cone ABC avec ſa plaque de plomb. On laiſſa tomber ces cones, diſpoſés comme on le voit en la figure, d'une hauteur de cinquante pieds à peu près, & ils arrivèrent en même tems au bas de cette hauteur. Dans la ſeconde expérience, FDE étoit un triangle équilatéral, & par conſéquent FD étoit double de DG. On fit le cone ABC dans la même proportion, & on fit ſon poids double de celui de DEF: ces deux cones demeurèrent toûjours ſenſiblement à même hauteur en deſcendant d'une hauteur de 45 pieds; mais, parce que le cone ABC ſe balançoit en ſa deſcente, & que cela changeoit un peu ſa viteſſe, on fit une troiſième expérience, en laquelle on ſe ſervit ſeulement d'un carton rond égal à la baſe DE, & on mit au milieu une plaque de plomb dont le diamétre étoit égal au quart de DE, & ce poids avec le carton étant double du poids de DFE avec ſes petites balles, on les laiſſa tomber de quarante-cinq pieds de hauteur, & on n'y vit aucune différence ſenſible de viteſſe pendant toute leur chûte, le carton rond demeurant toûjours dans une ſituation horiſontale. On a fait d'autres expériences dans leſquelles le côté DF étoit quatre ou cinq fois plus grand que le demi diamétre de la baſe, & aiant chargés les cones ſelon ces proportions en la manière ci-deſſus, celui dont la baſe tomboit la première, paſſoit un peu celui qui tomboit par ſa pointe; dont la cauſe eſt, que le cone DEF, étant fort long, avoit pluſieurs petites éminences, qui étant choquées par l'air moins obliquement que le reſte, retardoient un peu ſa deſcente, joint à cela que l'air qui étoit entrainé par la baſe de ce cone en deſcendant, le retardoit auſſi un peu, & plus à proportion que celui qui avoit ſa pointe en haut. Il eſt même difficile que le vent, ou quelque irrégularité dans les figures, ne change un peu les préciſions & l'exactitude des expériences.

CONSÉQUENCE.

Il ſuit de cette Propoſition, qu'une boule deſcendra plus vîte & aura ſa viteſſe complette plus grande qu'un cylindre de pareil poids qui auroit ſa baſe égale au grand cercle de la boule, & qui en tombant auroit ſon axe perpendiculaire; parce que l'air choque obliquement les boules, & directement les cylindres qui ont leurs baſes horiſontales.

On pourroit ici demander de quelle hauteur doit tomber un corps d'une certaine peſanteur, figure & poſition, pour acquérir ſa viteſſe complette; dans quel eſpace de tems il peut l'acquérir; & quelle doit être cette viteſſe complette.

Ces Problémes ou queſtions de Phyſique ſont trés-difficiles pour pluſieurs raiſons.

1o. Qu'on

1°. Qu'on n'en peut faire aucune expérience exacte, étant impoſſible d'obſerver préciſement l'eſpace qu'un corps de peſanteur & de figure déterminée paſſe en deſcendant de ſon point de repos en un tems déterminé, par exemple, ſi une balle de plomb d'un pouce de diamétre fait quatorze pieds en une ſeconde, ou 13 $\frac{2}{3}$, ou 13 $\frac{1}{3}$ &c. par les mêmes cauſes qui empêchent de ſçavoir, ſi la proportion de la réfraction de l'air à l'eau eſt comme de 3 à 4, ou comme de trois à 4 plus ou moins $\frac{1}{10}$, ou $\frac{1}{100}$, ou $\frac{1}{1000}$, &c.

2°. Que, quand on fait les expériences en des lieux de différentes élévations, comme vers le ſommet d'une haute montagne, ou dans des lieux ſoûterrains, elles doivent être différentes, à cauſe des différentes condenſations de l'air.

3°. Qu'on ne ſçait point ſi les corps beaucoup éloignés de la ſurface de la terre commencent à deſcendre avec la même viteſſe que s'ils en étoient peu ou médiocrement éloignés.

4°. Que dans le commencement des chûtes, les corps très-différens en peſanteur deſcendent ſenſiblement avec des viteſſes égales, à cauſe du peu de réſiſtance que fait l'air à un petit mouvement: car l'on remarque qu'en une chûte de la hauteur d'un pied ſur un pavé horiſontal, une balle de plomb d'une livre, & une balle de bois de douze grains de peſanteur, paroiſſent tomber avec des viteſſes égales, & frapper le pavé en même tems, ſi on les laiſſe tomber enſemble; & même on a obſervé que ſous la Ligne équinoctiale les pendules à ſecondes doivent être plus courtes, que dans les païs ſitués vers le 50e. degré de latitude, & que par conſéquent les corps peſans y tombent un peu plus lentement. De toutes ces difficultez il réſulte, qu'on ne peut réſoudre ces Problêmes qu'à peu près, ſoit par des raiſonnemens, ſoit par des expériences, de même que le Aſtronomes ne peuvent déterminer qu'à peu près les diſtances des aſtres, & leurs mouvemens. Voici ce que j'ai pû trouver de meilleur ſur un ſujet ſi difficile.

PROBLÈME.

Trouver le tems de l'accélération des boules de différentes grandeurs & de differentes matières, leurs viteſſes complettes, & les eſpaces qu'elles paſſent en deſcendant en des tems donnés.

Je ſuppoſe, comme l'expérience le fait voir, à fort peu près, qu'une balle de plomb de ſix lignes de diamétre parcourt en deſcendant dans l'air par ſon propre poids, quatorze pieds dans le tems d'une ſeconde; & que, ſi elle tomboit par un eſpace vuide, elle feroit quinze pieds dans le même tems. Or, par la ſeconde Suppoſition, les eſpaces paſſés en deſcendant par les corps peſans doivent être l'un à l'autre, com-

me les quarrez des tems de leurs chûtes, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air; & par cette raiſon, la balle devroit faire dans le vuide 60 pieds en deux ſecondes, & 135 en trois ſecondes. Mais la réſiſtance de l'air, qui lui fait perdre un pied dans la première ſeconde, lui feroit perdre pluſieurs pieds dans les ſecondes ſuivantes, ſelon la proportion des mêmes quarrez des tems, ſi l'air ne réſiſtoit pas plus à une grande viteſſe qu'à une petite. Mais par cette cauſe, cette diminution des pieds ſera plus grande, que ſelon la proportion des quarrez des tems: & parce que, ſuivant la doctrine de *Galilée*, la viteſſe acquiſe à la fin de la deuxième ſeconde doit être double de celle qui eſt acquiſe à la fin de la première ſeconde, & que celle qui eſt acquiſe à la fin de la troiſième en doit être triple, & ainſi de ſuite; la réſiſtance de l'air ſera double à la fin de la deuxième ſeconde, mais elle ne ſera que ſimple en ſon commencement, & elle augmentera par des degrez égaux. Il faut donc prendre celle qui ſera dans le milieu de cette deuxième ſeconde pour la réſiſtance moïenne; c'eſt-à-dire, que comme on n'ôteroit pas aſſez, ſi on n'ôtoit que quatre pieds de ſoixante pieds qui doivent être parcourus dans les deux ſecondes, & qu'on ôteroit trop, ſi on en ôtoit huit pieds; puiſque la reſiſtance n'eſt double qu'à la fin des deux ſecondes, on peut prendre l'unité pour la première ſeconde, & ½ pour la ſuivante, dont la ſomme 1 ½ multipliant 4, le produit qui eſt ſix pieds, ſera la quantité qu'il faudra oter des 60 pieds que le mobile devroit paſſer en deux ſecondes, & ſuivant cette régle, il ne ſera que 54 pieds. On ſera de même pour le tems de trois ſecondes, & on ôtera de 135 pieds, produit de 15 par 9, quarré de 3, 18 pieds, produit de 9 par le nombre 2, qui eſt compoſé de la première unité pour la première ſeconde, & d'une autre unité pour la moitié des deux autres ſecondes: ce nombre 18 étant ôté de 135, il reſtera 117, qui ſera le nombre des pieds que la balle de plomb ſera en 3 ſecondes. Pour le tems de 4 ſecondes, on prendra 2 ½ nombre compoſé de la première unité & de la moitié de trois autres unitez, & on multipliera par ce nombre le quarré de 4, ſçavoir 16: le produit ſera 40, qu'il faudra ôter de 240, produit de 16 par 15; le reſte 200 ſera le nombre des pieds que la balle parcourra de haut en bas en quatre ſecondes, & ainſi de ſuite. Voici des Tables faites ſur cette hypothéſe, par leſquelles on connoîtra combien une balle de plomb de ſix lignes de diamétre paſſera de pieds en chaque ſeconde en deſcendant; combien elle en paſſera dans tel nombre de ſecondes qu'on voudra choiſir; quand elle ceſſera d'accélérer ſon mouvement; quelle ſera ſa viteſſe complette; & combien elle parcourra de pieds avant que de l'acquérir.

PRE-

PREMIÈRE TABLE.

Nombre des ſecondes.	*Eſpaces paſſés en une ou 2 ou 3 ſecondes &c.*
1	14
2	54
3	117
4	200
5	300
6	414
7	539
8	672
9	810
10	950
11	1089

SECONDE TABLE.

Secondes.	*Eſpaces paſſés en chaque ſeconde.*
1	14
2	40
3	63
4	83
5	100
6	114
7	125
8	133
9	138
10	140
11	139

Ces nombres 40, 63, 83, &c. de la ſeconde Table, ſont les différences de ſuite des nombres ſupérieurs, 14, 54, 117, &c. Ainſi 40 eſt la différence de 14 & de 54; 63 eſt la différence de 117 & de 54, &c; & de la ſomme de ces nombres enſemble, 14, 40, 63, &c. de la ſeconde Table, eſt 1089 pieds, qui eſt le même que l'eſpace paſſé en ſi dans la première Table.

On connoîtra par cette Table, que l'accélération du mouvement de la balle en tombant finit à peu près à la moitié de la 11e. ſeconde, parce qu'en continuant la Table, il vient à la 11e. ſeconde 139, qui eſt un nombre moindre que 140: on peut donc prendre 140 ou 141 pieds pour cette viteſſe complette. D'où il s'enſuit, qu'une balle de plomb de

ſix lignes de diamétre de quelque hauteur qu'elle puiſſe tomber, ne percera pas un aix épais d'un pouce, puiſque ſa viteſſe ne peut être qu'environ la ſeptiéme partie de celle que lui donne un mouſquet ou un piſtolet. Voici comme on peut prouver que la viteſſe qu'une arme à feu donne à une balle de plomb de 6 lignes, eſt plus de ſept fois plus grande que celle qu'elle peut acquérir en tombant. On a trouvé par pluſieurs expériences que le ſon fait 1080 pieds à peu prés en une ſeconde, en comptant le tems qu'il y a entre le moment que le feu d'un canon paroît, lorſqu'on en eſt éloigné de 1500 ou de 1600 toiſes, & ſon bruit qu'on entend enſuite. On a auſſi trouvé que le ſon, quoiqu'il devienne plus foible ſelon les diſtances, ne diminue rien de ſa viteſſe. Pour comparer cette viteſſe du ſon à celle d'une balle pouſſée par une arme à feu, j'ai obſervé qu'étant à côté & un peu au-delà d'un aix contre lequel quelques arquebuſiers tiroient de 200 pieds de diſtance, j'entendois le coup & je voïois l'éclat du bois en un même inſtant: & parce que la viteſſe des balles diminue depuis qu'étant hors du canon, le reſſort de la flamme de la poudre ceſſe d'accélérer leur mouvement; il s'enſuit qu'à deux ou trois pieds de diſtance du canon, elles alloient plus vîte qu'étant à 200 pieds, & par conſéquent qu'elles avoient leur viteſſe égale à celle du ſon, quand elles en étoient à environ 100 pieds de diſtance; qu'elles l'avoient plus grande quand elles en étoient à 50 pieds ou à 25 pieds &c. & moindre quand elles avoient parcouru 150 pieds ou 200 pieds. Puis donc qu'une balle de plomb de ſix lignes peut avoir une viteſſe à faire plus de 1080 pieds en une ſeconde, & qu'en tombant la viteſſe qu'elle acquiert, n'eſt que de 140 ou de 141 pieds; il eſt évident que cette derniére viteſſe eſt moindre que la ſeptiéme partie de l'autre.

Or ſi on ſuppoſe que cette viteſſe complette de 140 pieds par ſeconde convienne à une balle de plomb de ſix lignes, on trouvera que la viteſſe complette d'une balle de cire de la même groſſeur ſera de 42 pieds à peu près. Car le poids de la balle de cire ſera à celle de plomb de même volume, comme 1 à 11. Donc, par la Propoſition 25e, la viteſſe complette de la balle de plomb ſera à celle de la balle de cire, comme 11 à 3 ½, moïen proportionnel à peu près entre 11 & l'unité; & diviſant 140 par 3 ½, le quotient 42 pieds ſera la viteſſe complette de cette balle de cire. On trouvera le même nombre 42 à peu prés par la même methode qu'on a trouvé les 140 de la balle de plomb, en ſuppoſant que la balle de cire fait douze pieds en la premiére ſeconde en tombant par ſa propre peſanteur: car, puiſque dans la premiére ſeconde elle perd 3 pieds des quinze qu'elle ſeroit dans le vuide, elle perdra en la ſeconde ſuivante 4 fois 3 pieds, ou 12 pieds, qu'il faudra multiplier par 1 ½ comme pour la balle de plomb, & on aura 18, qu'on ôtera de 60 produit de 4 par 15; le reſte ſera 42 pour deux ſecondes, & 30 pieds pour la ſeule deuxiéme ſeconde. Pour la troiſiéme ſeconde on ôtera de 135, produit de 9 par 15, 54 produit

duit des 3 nombres 3, 9 & 2; le reſte ſera 81: & ôtant 42 de 81, le reſte ſera 39, & ainſi de ſuite. Voici une Table de cette progreſſion.

TROISIÈME TABLE.

Secondes.	*Eſpaces paſſés en chaque ſeconde.*
1	12
2	30
3	39
4	39

On connoît par cette Table que la balle de cire de ſix lignes acquiert ſa viteſſe complette en 3 ſecondes & demi à peu près, puiſque la quatrième ſeconde entière ne donne point d'augmentation, & qu'on peut prendre 41 ou 42 pieds par ſeconde pour la viteſſe complette de cette balle de cire, qu'on ſuppoſe être chargée de ſable menu, en ſorte que ſa peſanteur ſpécifique ſoit égale à celle de l'eau.

Si l'on veut ſçavoir la viteſſe complette d'une balle d'or de ſix lignes de diamétre, on multipliera 11 par 18, (ces nombres marquent les peſanteurs ſpécifiques du plomb & de l'or, à l'égard l'un de l'autre,) le produit eſt 198, dont la racine quarrée eſt à peu près 14 $\frac{1}{12}$. Or, comme 11 eſt à 14 $\frac{1}{12}$, ainſi 140 en une ſeconde eſt à 181 à peu près; par où l'on connoîtra, ſuivant la Propoſition vingt-cinquième, que la viteſſe complette d'une balle d'or de ſix lignes eſt de 181 pieds par ſeconde. On trouvera à peu près le même nombre, ſi on fait une Table comme les deux précédentes, en ſuppoſant que la balle d'or paſſe en la premiére ſeconde 14 pieds $\frac{1}{2}$, au lieu des 14 pieds qu'on a ſuppoſé pour le plomb, cette Table donnera environ 13 ſecondes pour le tems de l'accelération, & environ 1600 pieds pour la hauteur d'où doit tomber cette balle d'or, pour acquérir ſa viteſſe complette, qu'on trouvera par cette Table être d'environ 178 pieds, au lieu des 181.

A l'égard des corps peu peſans, comme le liége, le cotton, les boules creuſes de papier, les bouteilles de ſavon, &c. on trouvera aiſément leurs viteſſes complettes, en ſuppoſant 42 pieds pour celle de la boule de cire de ſix lignes; car aiant trouvé par expérience qu'une balle de liége de ſix lignes ne péſe que le quart de celle de cire, on trouvera par la vingt-cinquième Propoſition, que ſa viteſſe complette ſera de 21 pieds.

On ne peut faire les Tables de ces viteſſes médiocres par ſecondes entiéres, parce qu'elles acquiérent leur viteſſe complette en moins de trois ſecondes; mais on en peut faire par des quarts de ſeconde en la maniére ſuivante.

Si on ſuppoſe que les corps inégaux en peſanteur ſont 15 pieds en une

ne ſeconde en tombant par un eſpace vuide, & que, ſelon la doctrine de *Galilée*, ils paſſeroient trois pieds neuf pouces en une demi ſeconde, & 11 pouces $\frac{1}{2}$ en un quart de ſeconde; & que la réſiſtance de l'air faſſe prendre à une boule de liége de 6 lignes, $\frac{1}{4}$ de pouce de ces 11 $\frac{1}{2}$, en un quart de ſeconde; elle ne fera que 10 pouces au premier quart, & on continuera aiſément la Table par la méthode ci-deſſus.

QUATRIÉME TABLE.

Pour une balle de liége de ſix lignes.

Quarts de ſeconde.	*Eſpaces paſſés en chaque quart de ſeconde.*
1	10 pouces
2	27 $\frac{1}{2}$
3	41 $\frac{1}{2}$
4	51 $\frac{1}{2}$
5	57 $\frac{1}{2}$
6	60
7	58 $\frac{1}{2}$

On voit par cette Table qu'une balle de liege de 6 lignes acquiert en moins d'une ſeconde $\frac{1}{2}$ ſa viteſſe complette, en tombant d'environ 21 pieds, & qu'on peut la ſuppoſer de 61 pouces en un quart de ſeconde, c'eſt-à-dire de vingt pieds 4 pouces en une ſeconde, au lieu des 21 qu'on a trouvé en ſuppoſant 42 pieds pour la balle de cire. De-là on peut juger que les corps peu peſans, comme le cotton, les plumes &c. acquiérent leur viteſſe complette en 1 ſeconde.

On trouvera de même par la 25e. Propoſition, qu'une goute d'eau de deux lignes $\frac{1}{2}$, qui eſt la groſſeur ordinaire des goutes d'eau, aura environ 28 pieds pour ſa viteſſe complette; car, puiſque celle d'une balle de cire de ſix lignes, dont la peſanteur ſpecifique eſt ſuppoſée égale à celle de l'eau, eſt de 42 pieds, ſi on multiplie 6 par 2 $\frac{1}{3}$, le produit ſera 16 dont la racine eſt 4, & 42 eſt à 28 comme 6 à 4. Que ſi on ſuppoſe qu'une bouteille d'eau de ſavon de 36 lignes de diamétre, ait été faite d'une goute d'eau de 2 lignes $\frac{1}{2}$, on trouvera par la 27e. Propoſition que ſa viteſſe complette ſera de 2 pieds $\frac{1}{17}$; car 36 eſt à 2 $\frac{1}{3}$ comme 28 à 2 pieds $\frac{1}{17}$.

AVERTISSEMENT.

IL eſt manifeſte que les Tables ci-deſſus ne ſont point dans la derniére préciſion, puiſqu'en continuant la derniere de la balle de plomb juſques à la douziéme ſeconde, le nombre de cette 12e. ſeroit moindre que celui de la

la 10e, & qu'en continuant celle de la balle de cire juſques à la cinquième ſeconde, cette 5e. ſeconde donneroit moins que la troiſième. Cependant il s'y trouve un équivalant ſi juſte, qu'elles s'accordent toutes à fort peu près aux expériences, comme on le verra dans la ſuite; & on peut les recevoir, en attendant qu'on trouve des hypothèſes plus juſtes.

Il eſt très-difficile de faire des expériences pour ſçavoir les viteſſes complettes des balles de plomb, parce qu'on auroit beaucoup de peine de trouver une hauteur perpendiculaire de 950 pieds; il ſeroit même fort difficile de les voir à la fin de leurs chûtes à cauſe de leur grande viteſſe: il faut donc ſe ſervir de quelques balles de bois de liége ou de quelque boule creuſe de papier, pour un premier fondement des viteſſes complettes des autres corps; car ces balles prenant des viteſſes complettes médiocres, il ſera aiſé de meſurer les eſpaces & les tems de leurs chûtes.

Pour en faire les expériences bien juſtes, il faut choiſir une tour de 80 ou de 100 pieds de hauteur, & laiſſer tomber une balle de cotton d'un pouce de diamétre du plus haut endroit qu'on pourra, du côté qui regarde le Midi, lorſque le ſoleil luit, & que le vent vient du Nord ou du Nord-Eſt; & après avoir remarqué à peu près les pieds qu'elle fait en la première ſeconde, par exemple 8 pieds, on pourra faire des diviſions égales de neuf pieds chacune depuis le bas de la tour juſqu'aux deux tiers; & parce que les ombres du ſoleil ſont conſidérées comme paralleles, ſi la viteſſe complette de la boule eſt de neuf pieds, on pourra remarquer aſſez préciſément par ſon ombre ſi elle paſſera neuf pieds à chaque ſeconde, après avoir paſſé le tiers de la hauteur de la tour. Que ſi elle paſſe chaque diviſion en plus d'une ſeconde, ou en moins d'une ſeconde; on pourra diminuer ou augmenter la grandeur de chaque diviſion, & les faire enfin telles que l'ombre de la boule en paſſe une en chaque ſeconde. On prendra la grandeur d'une de ces diviſions pour la viteſſe complette de cette boule légére, par le moïen de laquelle on trouvera les viteſſes complettes de toutes les autres boules, par les Propoſitions 25e, 26e, 27e & 28e. J'ai fait pluſieurs expériences avec des perſonnes fort intelligentes, ſur les tems des chûtes de pluſieurs boules différentes en volume & en peſanteur ſpécifique, dont voici les plus exactes.

EXPÉRIENCES POUR LES CHÛTES DES CORPS PESANS.

On a choiſi pour faire ces expériences le noïau vuide de l'eſcalier à vis de la cave de l'Obſervatoire, dans le milieu duquel on peut laiſſer tomber des balles depuis le haut de la platte-forme qui couvre tout le bâtiment, y aïant à chaque étage des ouvertures rondes de même grandeur que celle de l'eſcalier, & directement au-deſſus, elles ont chacu-

ne trois pieds de diamétre. On avoit mis à un demi pied plus haut que le fond de ce noïau, un aix de 2 pieds & demi de largeur en ſituation horiſontale, ſur lequel on laiſſoit tomber les balles; il y avoit 163 pieds ½ depuis l'aix juſques au pavé de la platte-forme, & on tenoit les balles, avant que de les lâcher, trois pieds plus haut que l'ouverture; ce qui faiſoit une hauteur de 166 pieds ½. Celui qui faiſoit l'expérience, tenoit la balle de plomb d'un pendule à demi ſecondes entre le pouce & le premier doigt, & il avoit la balle qui devoit tomber, entre le meme pouce & le ſecond doigt, de manière qu'en ouvrant la main il laiſſoit aller les deux balles en même tems. On comptoit les demi ſecondes juſques à ce qu'on entendit le coup de la balle qui frappoit l'aix. On en fit pluſieurs expériences avec des balles de plomb de ſix lignes de diamétre, & entre le plus & le moins on trouva que le tems de leurs chûtes étoit de ſept demi ſecondes & un quart de ſeconde, c'eſt-à-dire, trois ſecondes 3 quarts. Mais, parce que le bruit fait 180 pieds en un ſixiéme de ſeconde, car il fait 1080 pieds à fort peu près en une ſeconde, il faut ôter un peu moins qu'un 6e. de ſeconde de ces trois ſecondes ¾, parce qu'il n'y avoit que 166 pieds ½ de diſtance au lieu des 180; le reſte eſt 3 ſecondes $\frac{4}{11}$ à fort peu prés. Or, ſuivant la premiére Table, il faut prendre le quarré de 3 $\frac{4}{11}$, qui eſt environ 13 $\frac{1}{11}$; ſon produit par 15 eſt 196 $\frac{5}{11}$, dont il faut ôter le produit de 13 $\frac{1}{11}$ par 2 & $\frac{5}{11}$, ſuivant la régle de la conſtruction des Tables; ce produit eſt environ 30 ½, lequel étant ôté de 196 $\frac{5}{11}$, il reſtera un peu moins de 166 pieds au lieu des 166 pieds & demi de diſtance juſques à l'aix. On laiſſa tomber enſuite les mêmes balles depuis le veſtibule qui eſt au rez de chauſſée du bâtiment; la diſtance juſqu'à l'aix étoit de 87 pieds & demi; les balles parcouroient cet eſpace en deux ſecondes & ſept douziemes entre le plus & le moins, aprés en avoir ôté le tems qui convient au mouvement du ſon dans cet eſpace. Ces expériences ſe trouvent conformes à peu près à la même premiére Table: car le quarré de 2 $\frac{7}{12}$ eſt 6 $\frac{1}{3}$ & un peu plus; le produit de 6 $\frac{1}{3}$ par 15 eſt 100, dont il faut ôter le produit de 6 $\frac{1}{3}$ par 1 $\frac{11}{12}$; ce produit eſt 11 $\frac{11}{12}$; 100 moins 11 $\frac{11}{12}$ eſt 88 $\frac{1}{12}$, au lieu des 87 pieds ½.

SECONDES EXPÉRIENCES.

On laiſſa tomber ſur le même aix, depuis trois pieds au-deſſus du pavé de la grande ſalle, une balle de cire de 6 lignes de diamétre chargée d'un peu de ſable, en ſorte que ſa peſanteur ſpécifique étoit égale à celle de l'eau; la diſtance étant meſurée ſe trouva de 126 pieds ½; la balle emploïa 4 ſecondes & ½ avant qu'on entendit le coup ſur l'aix; ôtez de ce tems ½ de ſeconde pour le tems du mouvement du ſon, il reſtera 4 ſecondes $\frac{4}{11}$ à peu près; cette balle ſuivant la troiſiéme Table devoit paſſer 81 pieds en trois ſecondes, & 40 pieds pendant la 4e. ſeconde,

de, & y ajoûtant $\frac{1}{11}$ de 42, ſçavoir 4 à peu près, la ſomme ſera 126 au lieu des 126 $\frac{1}{2}$. On laiſſa tomber enſuite la même balle depuis le haut du grand eſcalier juſques ſur un aix qui étoit au-deſſous à 71 pieds de diſtance; elle paſſa cet eſpace en 2 ſecondes $\frac{1}{2}$ à peu près, conformément à la troiſième Table.

TROISIÈMES EXPÉRIENCES.

On laiſſa tomber de la même hauteur de 71 pieds une balle de liége de ſix lignes de diamétre; elle paſſa cet eſpace en 4 ſecondes. Cette balle, ſuivant la 4e. Table, acquiert ſa viteſſe complette en 2 ſecondes, & cette viteſſe, par rapport à celle de la balle de cire, eſt de 21 pieds. Si donc on prend 11 pieds pour la 1e. ſeconde, 19 pour la deuxième, & 42 pour les deux ſuivantes; la ſomme ſera 72, au lieu de 71.

On laiſſa tomber de la même hauteur une balle de cire de huit lignes. Sa viteſſe complette, par la 28e. Propoſition, eſt de 49 pieds par ſeconde. Elle paſſa les 71 pieds en 2 ſecondes $\frac{1}{2}$ un peu moins. Si donc on prend 13 pieds pour la première ſeconde, 35 pour la deuxiéme, & 24 $\frac{1}{2}$ pour la demi ſeconde reſtante; la ſomme ſera 72 $\frac{1}{2}$, dont il faut ôter 1 $\frac{1}{2}$, parce que la demi ſeconde n'étoit pas entiére.

On laiſſa encore tomber de la même hauteur une balle de liége de 12 lignes de diamétre; elle paſſa les 71 pieds en ſix demi ſecondes & la moitié d'une demi ſeconde, c'eſt-à-dire, 3 ſecondes $\frac{1}{4}$; ſa viteſſe complette eſt de 29 $\frac{1}{2}$ par la 28e. Propoſition, celle de la balle de ſix lignes de même matiére étant de 21 pieds. On trouvera les 71 pieds à peu près en prenant 12 pieds pour la premiére ſeconde, 24 pour la deuxième, 28 pour la troiſième, & 7 $\frac{1}{2}$ pour le quart de 29 $\frac{1}{2}$.

On a fait pluſieurs autres expériences ſur ces balles de cire & de liége, dans quelques unes deſquelles il a paru que les nombres de la troiſiéme & quatriéme Table étoient un peu trop petits, & qu'on pouvoit mettre dans la 3e. 12 pieds $\frac{1}{2}$ ou $\frac{2}{3}$, au lieu de 12 qu'on a mis pour la facilité du calcul, 32 pour 30 à la deuxième ſeconde, & 43 ou 44 pour la viteſſe complette au lieu de 42; & à l'égard des balles de liége de 6 lignes, on a auſſi conjecturé qu'on pouvoit prendre 11 $\frac{1}{2}$ pieds pour la 1e. ſeconde, 20 $\frac{1}{2}$ pour la deuxième, environ 22 pour ſa viteſſe complette, & 31 pour celle de la balle de 12 lignes. Ceux qui en voudront faire des expériences dans de grandes hauteurs de 200 ou 300 pieds, le pourront vérifier.

Ce qui eſt le plus difficile dans ces expériences, eſt de bien obſerver le tems des chûtes; car il eſt comme impoſſible de s'empêcher de tomber en erreur d'un huitiéme ou d'un 10e. de ſeconde.

Il eſt bon de remarquer ici qu'il faut faire les expériences des tems des chûtes des corps très-légers dans des lieux fermés, où il ne ſe faſſe point ou très-peu de mouvement d'air; car leur viteſſe en ſeroit aug-

mentée ou retardée conſidérablement. On peut auſſi remarquer qu'encore qu'une balle de plomb de 2 pouces ait ſa viteſſe complette deux fois plus grande qu'une de ſix lignes, par la 28e. Propoſition, elles paſſent pourtant un eſpace de plus de 50 pieds avec des viteſſes ſenſiblement égales; ce qui n'arrive pas à des balles de liége: car on a obſervé qu'une balle de cette matière, d'un pouce, en paſſa une de ſix lignes, d'environ ſix pieds dans une chûte de quarante-cinq pieds. Cette différence procéde de ce que l'air réſiſte très-peu à une balle de plomb quand elle n'a qu'une viteſſe de 30 ou 35 pieds en une ſeconde; car cette viteſſe n'eſt qu'environ le quart de celle qu'elle peut acquérir: au lieu que la balle de liége de ſix lignes acquiert toute ſa viteſſe qui n'eſt que de 21 pieds par ſeconde, en 31 pieds, qu'elle paſſe en deux ſecondes; & par conſéquent l'air lui réſiſte beaucoup, & la différence de cette réſiſtance, à l'égard de celle qui retarde la balle de liége de 12 lignes, eſt fort conſidérable dans un eſpace de 45 pieds.

QUATRIÈMES EXPÉRIENCES.

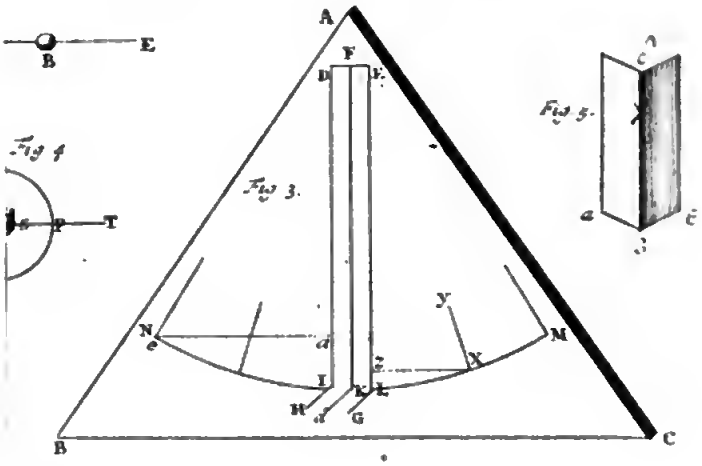
On laiſſa tomber de 80 pieds de hauteur en un même moment, une boule de cire de trois pouces de diamétre, & une de ſix pouces; elles allérent juſques à 30 pieds avec une viteſſe ſenſiblement égale; mais à la fin de leurs chûtes, la groſſe paſſa de ſix ou ſept pieds la petite.

On laiſſa tomber enſemble de la même hauteur une boule de mail & un boulet de canon d'une même groſſeur; ils deſcendirent juſques à 25 pieds également vîte; le boulet étant à 50 pieds paſſa la boule de mail d'environ deux pieds, & au bas de la chûte de plus de quatre pieds.

Pour ſçavoir quelle groſſeur doit avoir un boulet de plomb pour pouvoir acquérir en tombant une viteſſe égale ou plus grande que celle du ſon, qui eſt à peu près la même qu'elle auroit à la ſortie d'un canon; il faut diviſer par 140, nombre des pieds de la viteſſe complette d'une balle de plomb de ſix lignes, 1080 pieds, qui eſt la viteſſe du ſon; le quotient eſt un peu moins que huit. Si donc on prend un troiſiéme proportionnel aux nombres un & huit, ſçavoir ſoixante-quatre; on connoîtra que le boulet doit avoir ſon diamétre ſoixante-quatre fois plus grand que celui de la balle de ſix lignes, & qu'il ſera de trente-deux pouces: car en multipliant cent quarante pieds par huit, le produit ſera 1120 pieds, qui ſera la viteſſe complette du boulet de trente deux pouces. Mais il faudroit, pour acquérir cette viteſſe, plus de 40 ſecondes de tems, & une hauteur de plus de 22000 pieds, comme on le pourra connoître à peu près, en faiſant une Table ſemblable à la premiére, aprés avoir ſuppoſé que ce gros boulet ne perdroit qu'un poucé, par la réſiſtance de l'air, des 15 pieds qu'il devroit parcourir par le vuide en une ſeconde.

F I N.

ES-


A
B
E
F
D
F
Fig 4
Fig 3.
Fig 5.
c
a
c
3
N
e
d
I
H
d
K
L
G
y
z
X
M
B
C

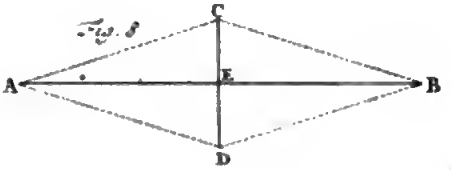


Fig. 8
C
A
E
B
D

Fig 7.
B
H
G
I
d
e

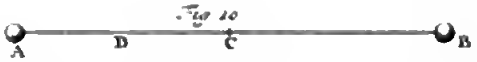


Fig 10
A
D
C
B

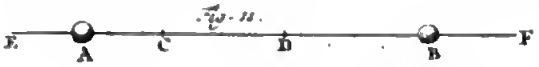
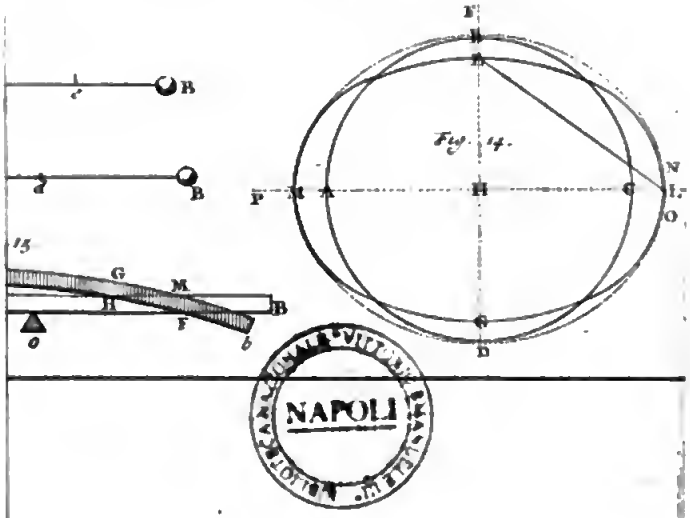


Fig. 11.
E
A
C
D
B
F


c
B
d
B
15
G
M
H
B
F
a
b
F
N
P
M
A
H
C
I.
O
G
D
Fig. 14.

NAPOLI

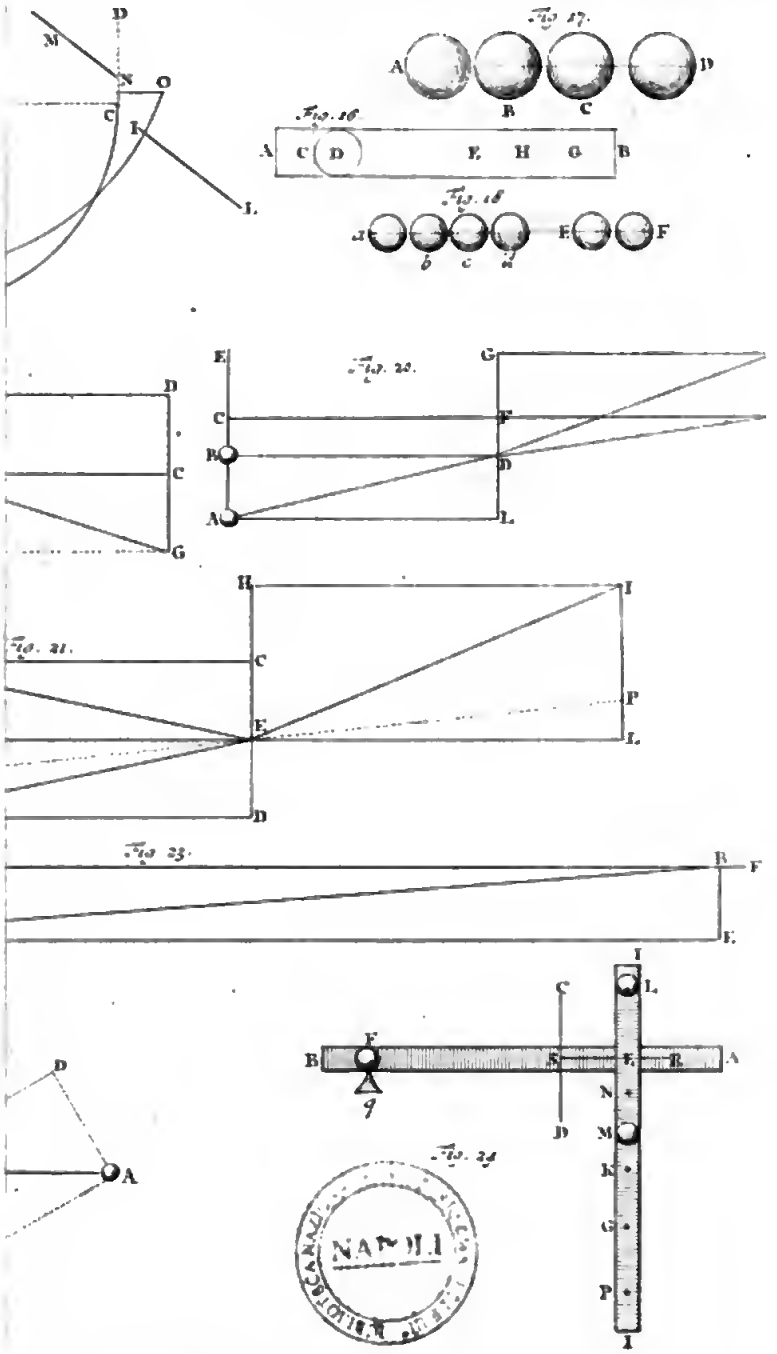
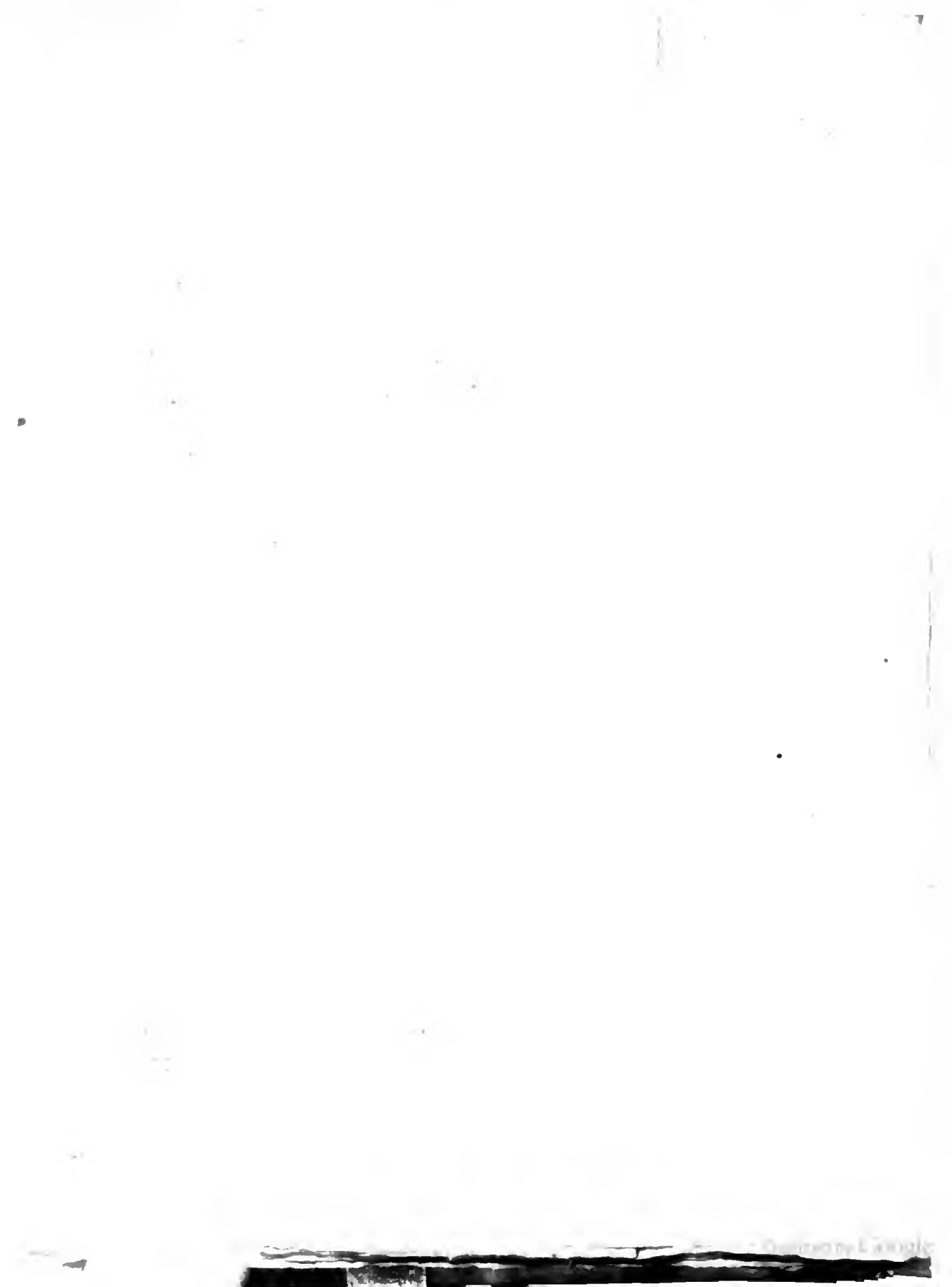


Fig. 17.
A
B
C
D
Fig. 16.
A
C
D
E
H
G
B
Fig. 18
a
b
c
d
E
F
Fig. 20.
E
G
C
F
B
D
A
L
D
C
G
Fig. 21.
H
I
C
P
E
L
D
Fig. 23.
B
F
E
I
L
C
F
B
S
E
R
A
N
M
K
G
P
I
D
A
q
D
Fig. 24
NAPOLI



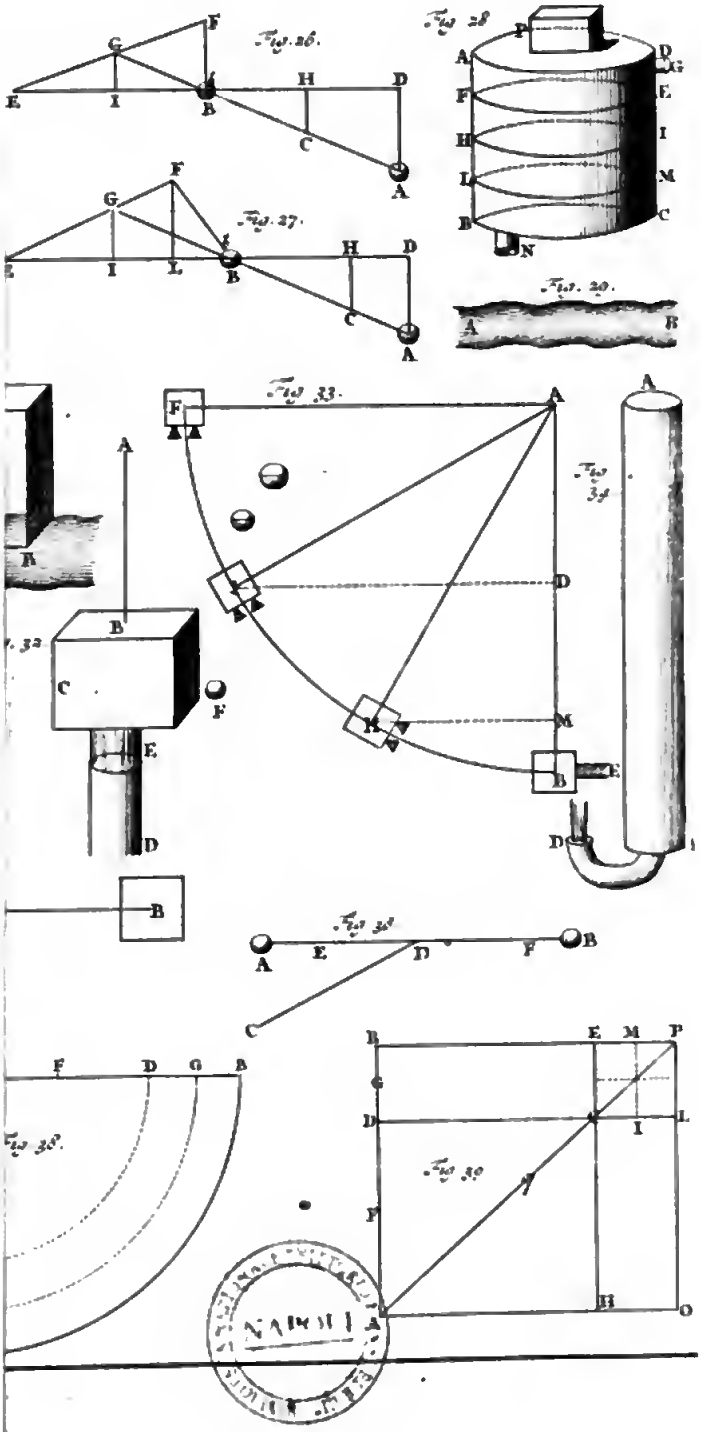
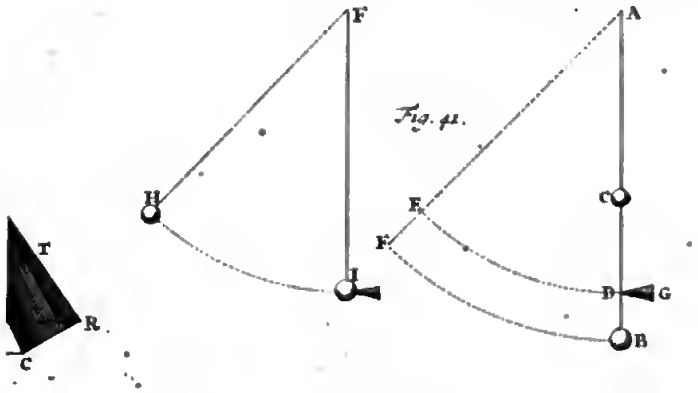
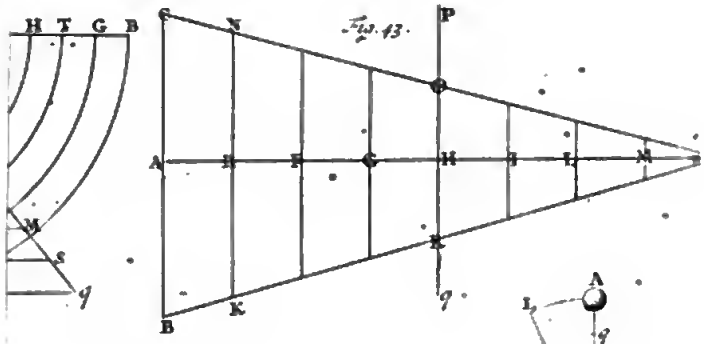
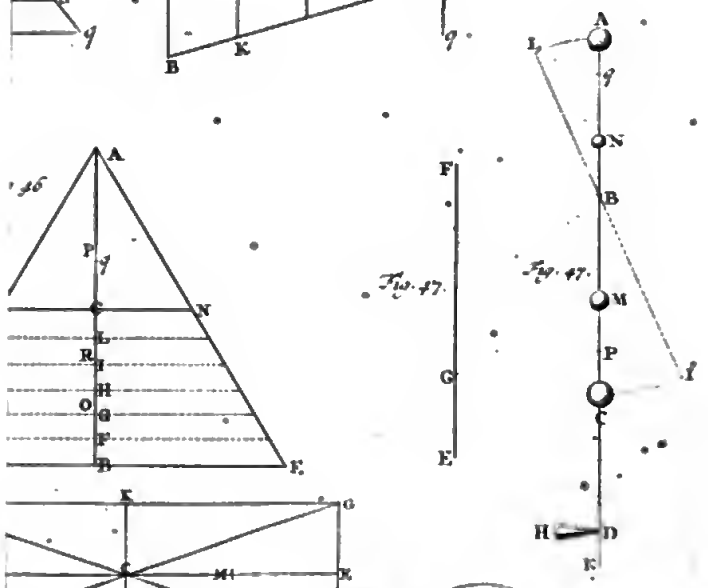
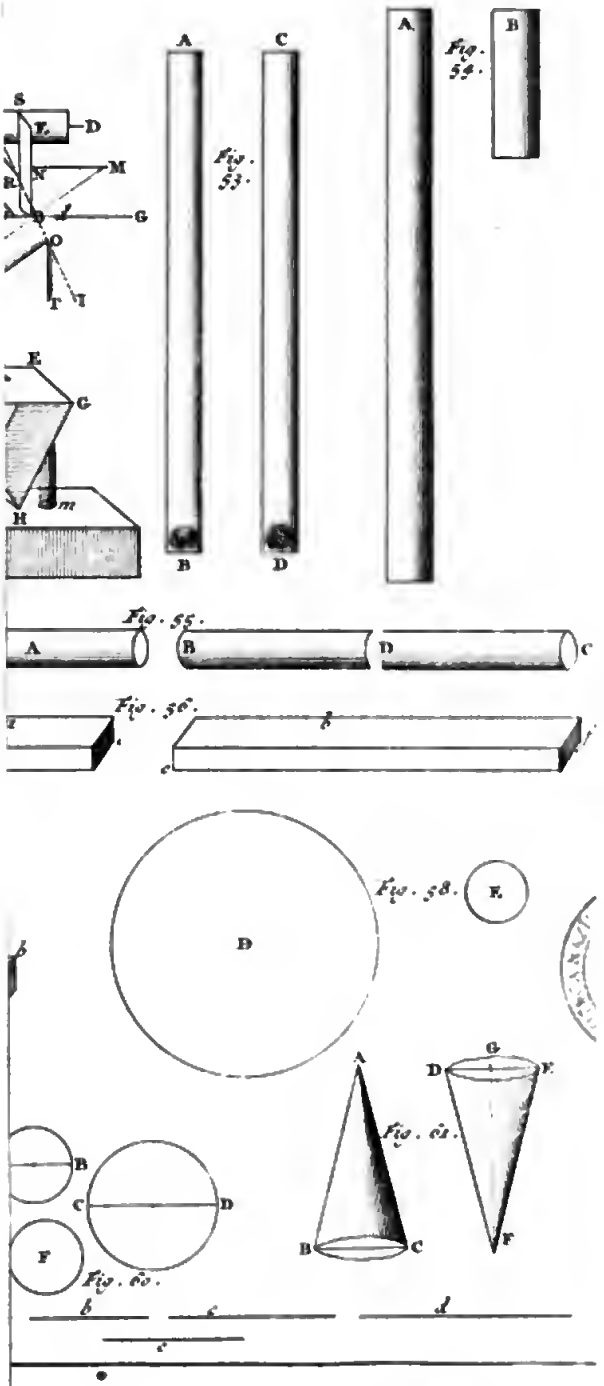


Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28
Fig. 29.
Fig. 33.
Fig. 34
Fig. 32
Fig. 36
Fig. 35.
Fig. 30


F
H
I
Fig. 42.
A
E
C
F
D
G
B
T
R
C


H T G B
M
s
q
Fig. 43.
C N P
A E F G H I L M
K
B
K
q


A
P q
C N
L
R I
H
O G
F
B E
Fig. 46
K G
C M
K
I
H
F
Fig. 47.
G
E
A
L q
N
B
Fig. 47.
M
P
I
C
H D
E
Fig. 44


A
C
A.
B
Fig. 54.
Fig. 53.
S
D
M
G
T
E
G
H
m
B
D
Fig. 55.
A
B
D
C
Fig. 56.
b
c
Fig. 58.
E.
D
b
A
G
D
F.
Fig. 61.
B
C
D
F
B
C
F
Fig. 60.
b
c
d
e

ESSAIS
DE
PHYSIQUE,
OU
MÉMOIRES POUR SERVIR
A LA SCIENCE DES CHOSES
NATURELLES.

Digitized by Google

PREMIER ESSAI.
DE LA
VÉGÉTATION
DES
PLANTES.

PAR MR. MARIOTTE,
de l'Académie Royale des Sciences.

Digitized by Google

LETTRE

ÉCRITE A

MONSIEUR LANTIN,

CONSEILLER AU PARLEMENT DE BOURGOGNE, SUR LE SUJET DES PLANTES.

PREMIÈRE PARTIE.

DES ÉLÉMENS OU PRINCIPES DES PLANTES.

VOus désirez, Monsieur, que je vous fasse sçavoir mes sentimens sur le sujet des *Plantes*; c'est-à-dire, que je vous explique quels sont les élémens ou principes dont elles sont composées; de quelle manière elles se nourrissent; & enfin quelles sont les causes de leurs qualitez différentes, & de leurs vertus, tant salutaires que nuisibles. Mais, c'est une entreprise qui me semble très-difficile, & je vois tant de doutes & d'obscuritez dans cette matière, que je n'ose vous promettre de la pouvoir suffisamment éclaircir, ni de vous en donner des connoissances plus belles & plus assûrées que celles que vous avez. Voici tout ce que j'en ai pû apprendre, tant par mes expériences particulières, que par celles que j'ai vû faire dans le Laboratoire de *l'Académie Roïale des Sciences*.

Ma première hypothèse est, qu'il y a plusieurs principes grossiers & visibles des plantes, comme l'eau, le soufre ou huile, le sel commun, le salpêtre, le sel volatile ou armoniac, quelques terres, &c. Et que ces principes grossiers sont composés eux-mêmes de trois ou quatre principes plus simples, qui sont naturellement joints ensemble; par exemple, le salpêtre a son flegme ou eau insipide, son esprit, son sel fixe, &c; le sel commun a son flegme, son esprit, son sel fixe, &c. Et on peut croire avec beaucoup de vrai-semblance, que ces principes plus simples sont encore composés de quelques parties différentes entre elles, tellement petites, qu'on ne peut les appercevoir par aucun artifice, ni déterminer quelles sont leurs figures & leurs autres propriétez. Première hypothèse sur les principes des Plantes.

Idée des noms de fixe, volatile, eſprit, &c.

Mais, d'autant que les noms de fixe, volatile, eſprit, &c. ne ſont pas communs, & que pluſieurs Chymiſtes qui s'en ſervent, en ont ſouvent des idées confuſes, & peu diſtinctes; je crois qu'il eſt néceſſaire que je vous explique ici comme je les conçois.

On voit par les effets du grand miroir concave, qui eſt dans la Bibliothéque du Roi, qu'il n'y a aucun corps qui ne ſe fonde à une extrême chaleur. Les terres, les tales, les pierres, le plâtre, l'ardoiſe, la mine de plomb, la ſanguine, le criſtal de roche en poudre, & pluſieurs autres matières ſe vitrefient en fort peu de tems, lorſqu'on les expoſe au foyer de ce miroir; & il eſt très-vrai-ſemblable que celles dont on n'a pas encore fait l'expérience, ſe fondroient auſſi: & parce qu'on voit fumer la plûpart de ces matieres avant que de ſe fondre, & qu'étant fondues, elles bouillonnent; il eſt aiſé de juger que ces effets procédent de quelques-unes de leurs plus ſubtiles parties qui ſe volatiliſent & ſe mettent en mouvement les unes après les autres.

On remarque auſſi, que les corps qui paroiſſent les plus fixes, comme les pierres & les métaux, deviennent lumineux dans le feu. Or la lumière procéde vrai-ſemblablement d'un mouvement très-rapide & très-violent; d'où l'on peut conclure, qu'alors quelques-unes des particules de ces corps ſe meuvent, & par conſéquent qu'elles ſont volatiles, ou du moins qu'elles le deviendroient enfin, ſi ces matières étoient expoſées à un miroir qui fit des effets plus conſidérables que celui dont j'ai parlé.

On ne peut donc aſſûrer d'aucun corps qu'il ſoit véritablement dur ou fixe de ſa nature. Toutefois pour m'accommoder avec les Chymiſtes, j'appelle ici dur, ce qui ſe fond difficilement; fixe, ce qui ne s'éléve que par une trés-grande chaleur; & volatile, ce qu'une chaleur médiocre peut faire élever. Mais il y a de différens degrez de dureté, de fixité, & de volatilité: car, par exemple, l'eau eſt plus volatile que le ſel armoniac, & l'eſprit de vin plus que l'eau; la terre ſe fond par la chaleur plus difficilement que les ſels, &c.

Les Chymiſtes appellent eſprits, les petites parties non aqueuſes qui s'élévent des corps par la chaleur, & ſe réduiſent en liqueur par la diſtillation, comme l'eſprit de ſalpétre, l'eſprit de vitriol, l'eſprit de ſel, &c.

Ils appellent auſſi eſprits, les liqueurs aqueuſes qui ſe tirent par la diſtillation, lorſqu'elles ſont remplies & impregnées de quelques ſels, ou de quelques autres principes actifs qui ſe ſont élevés avec elles par la force du feu.

De l'union naturelle de quelques-uns de ces Principes.

On reconnoît l'union naturelle de quelques-uns de ces principes par les expériences ſuivantes:

Verſez de l'eſprit tiré du ſalpêtre, ſur du ſel de tartre diſſous en eau commune, ou ſur un autre ſel fixe de ſemblable nature que le ſel de tartre; & vous verrez qu'il ſe fera une grande effervescence ou bouillonnement dans ces matières; ce qui procéde vrai-ſemblablement du mou-

mouvement violent de leurs très-petites parties, lorſqu'elles s'accrochent les unes aux autres pour s'unir intimement enſemble, & faire un compoſé nouveau, ſemblable au premier ſalpêtre dont l'eſprit avoit été tiré. La même choſe arrive à l'eſprit de vitriol & à l'eſprit de ſel, lorſqu'on les mêle avec les mêmes ſels fixes. Les eſprits acides des plantes diſtillées étant verſés ſur le ſel volatile qui s'éléve de quelques-unes à la fin de la diſtillation, ſont auſſi une effervescence très-conſidérable, de même que les liqueurs diſtillées des terres, lorſqu'on les verſe ſur de la brique. On reconnoît auſſi ce mouvement de réünion par les ſels des cendres, dont par la force du feu on a ſéparé l'eau & les autres principes ſimples, auxquels ces ſels ſont joints ordinairement; car ils pénétrent dans les chairs des animaux, pour ſe rejoindre à ces principes. De-là on peut juger, que le goût acide & pénétrant de l'eſprit de ſalpêtre & des autres eſprits ſéparés par la diſtillation, procéde de ce qu'ils pénétrent profondément dans la langue, & que la douceur qu'on trouve dans la plûpart des fruits, procéde d'une union exacte des principes dont ils ſont compoſés; car lorſqu'on en a laiſſé évaporer quelques-uns, le reſte devient acide & pénétre la langue. C'eſt par cette raiſon que l'hydromel & le vin doux deviennent aigres, lorſqu'on les laiſſe éventer, & que beaucoup de ces eſprits acides ont la force de diſſoudre les métaux & pluſieurs autres corps, en s'inſinuant dans leurs pores les plus étroits pour s'unir à ce qui leur eſt propre dans ces matières.

Je n'entens pas toutesfois attribuer à ces principes une connoiſſance par laquelle ils cherchent à ſe réünir; mais je connois qu'ils ont une diſpoſition naturelle à ſe mouvoir réciproquement pour cette union exacte, quand ils ſe touchent: & quoiqu'il ſoit très-difficile de déterminer quelle eſt cette diſpoſition, il ſuffit de ſçavoir qu'il ſe trouve dans la nature beaucoup d'exemples de ces mouvemens. Ainſi les corps peſans ſe meuvent vers le centre de la terre; ainſi le fer ſe meut vers l'aimant; & ces mouvemens ne ſont guéres plus difficiles à concevoir que ceux des planétes dans leurs orbes, ou que celui du ſoleil autour de ſon axe, ou du cœur dans un animal vivant.

Quelques Chymiſtes croïent qu'il y a dans la Nature un corps très-ſubtil qu'ils appellent Eſprit univerſel, lequel s'inſinuant dans diverſes matières produit les principes groſſiers des corps: mais on peut avec plus de raiſon croire le contraire; c'eſt-à-dire, qu'il y a un ſel fixe, qui ſert de baſe à ces principes, & que les eſprits différens les ſpécifient & les déterminent. Baſe de ces principes, & ce qui les ſpécifie & les détermine.

Voici l'expérience que j'en ai vû faire: On prend trois portions égales de ſel de tartre: on verſe ſur la premiére de l'eſprit de ſel, ſur la ſeconde de l'eſprit de ſalpêtre, & ſur la troiſiéme de l'eſprit de vitriol, juſques à ce que ces matières ne faſſent plus d'effervescence: on laiſſe évaporer une partie des liqueurs; & on trouve dans le premier mêlan-

ge, du véritable ſel de figure cubique, qui pétille au feu & qui a ſenſiblement le goût du ſel commun; dans le deuxième, on trouve du véritable ſalpetre en longues aiguilles, qui a le goût piquant & qui fulmine dans le feu; & dans le troiſième, du vitriol en figures exagones ou en pointes de diamant, & qui a les autres qualitez du vitriol, horſmis qu'il n'eſt pas verd, & qu'il ne noircit pas la ſolution des noix de galle: mais cela peut procéder de ce que la matière metallique qui eſt mêlée avec le vitriol, & qui lui donne la couleur verte & la vertu de noircir, ne paſſe pas par l'alambic avec les eſprits.

Seconde hypothèſe ſur les principes des Plantes.

Ma ſeconde hypothèſe eſt, que pluſieurs de ces principes groſſiers ſont dans chaque plante. Je prouve cette hypothèſe par les raiſons & par les expériences ſuivantes:

Premiére preuve de cette hypothèſe.

La baſſe région de l'air eſt remplie des plus ſubtiles parties de ces principes, leſquelles y ſont élevées par la chaleur du ſoleil, ou par celle qui ſe trouve en pluſieurs lieux ſoûterrains. Cela ſa prouve par le feu du tonnerre, qui a un mouvement prompt comme celui du ſalpêtre enflammé, & qui fait ſentir une odeur de ſoufre dans les lieux où il tombe; ce qui fait connoître qu'il eſt en partie compoſé de ces principes, qui ont été élevés dans l'air. Les nuées ne ſont autre choſe que de petites particules d'eau qu'on appelle des vapeurs, & elles ſont mêlées de quelques petits corpuſcules des ſels, comme le remarquent quelquefois ceux qui demeurent dans le voiſinage de la mer. Or ce ſoufre, ce ſalpêtre, ces ſels volatiles, &c. ſe mêlent dans l'air avec les vapeurs aqueuſes, & retombent avec les pluies formées de ces vapeurs ſur la ſurface de la terre. Ils la pénétrent enſemble juſques aux racines des plantes, où ils entrent avec quelques particules des terres qui rendent ces eaux boüeuſes; ce qui n'eſt pas difficile à croire, puiſque bien ſouvent le ſable menu qui ſe trouve auprès des racines des plantes, y entre avec l'eau des pluies, comme on le reconnoît en mangeant des aſperges & des artichaux qui croiſſent dans de certaines terres ſablonneuſes.

Seconde preuve.

Cette ſeconde hypothèſe ſe prouve encore par les diſtillations, & par les autres opérations de Chymie. Car, par leur moïen on tire de toutes ſes plantes de l'eau inſipide, que les Chymiſtes appellent flegme; des huiles inflammables; des eſprits qu'on appelle acides, parce qu'ils ſont reconnus par cette ſaveur; d'autres eſprits que quelques-uns appellent ſulfurés, mais par un nom impropre, puiſqu'ils ne ſont aucunement inflammables; je les appelle ici eſprits armoniaques: & lorſqu'on fait brûler à un feu de réverbére les matières ſéches & noirâtres qui demeurent au fond des vaiſſeaux aprés les diſtillations, & qui ne ſont autre choſe qu'un compoſé de terres, de ſel, & de quelque portion huileuſe & ſulfurée qui étant trop viſqueuſe, ou trop engagée avec les terres & les ſels fixes, ne peut s'élever & devenir volatile qu'à un feu ouvert; il reſte des cendres, d'où l'on tire une terre inſipide, qui

ne

ne ſe diſſoud pas dans l'eau, & des ſels fixes qui ſont différens les uns des autres par le mélange du plus ou du moins des eſprits acides & armoniaques, ou de quelques autres principes inconnus, que le feu n'a pu élever.

On diſtingue facilement l'eſprit armoniac des plantes, de leur eſprit acide, parce que le premier précipite en blancheur le ſublimé diſſous en eau commune, & qu'il fait effervescence avec l'eſprit de ſel; ce que la liqueur acide, qui eſt ordinairement plus peſante, ne fait point: mais elle a une autre propriété, qui eſt de rougir la teinture bleue du tournesol; ce que l'eſprit armoniac ne fait point.

On peut conjecturer que l'eſprit ardent eſt un mélange de l'eſprit de ſel armoniac, & des parties les plus inflammables & les plus légères de l'huile; car il ſe mêle avec l'eau, à cauſe de ſon ſel & de ſa ténuïté, au lieu que les huiles groſſières nagent ordinairement ſur l'eau & ne s'y mêlent pas.

On voit auſſi à la fin de quelques diſtillations, des ſels volatiles attachés au vaiſſeau de verre qui reçoit les eaux diſtillées, & ces ſels ont beaucoup de rapport à l'eſprit léger qui trouble le ſublimé, lequel eſprit n'eſt vrai-ſemblablement autre choſe que le mêlange des plus ſubtiles parties des ſels volatiles, avec les eaux qui s'élévent dans les diſtillations, comme l'acide peut être pris pour les plus légéres parties de l'alun ou du ſalpêtre, &c. qui entrent dans la compoſition des plantes.

Il ne faut pas croire que le feu produiſe ces différens principes dans les diſtillations: car l'eau & la terre ſe trouvent ailleurs; le ſel de la mer & le ſoufre ſe trouvent ſans feu; le vitriol & le ſalpêtre de même; les huiles ſe trouvent dans de certains fruits & dans les ſemences des plantes. Il eſt vrai que ces principes ſont ſouvent un peu altérés par la chaleur du feu, & même une exceſſive chaleur en peut unir pluſieurs enſemble ſi exactement, qu'on ne peut après les ſéparer, comme lorſque la terre avec les ſels & les autres principes qu'elle contient, eſt réduite en verre.

On trouve auſſi ces mêmes principes en diſtillant les terres; car elles donnent de l'eſprit armoniac, de l'eſprit acide, des huiles, des ſels, &c. Et celles qui ne ſont pas lavées par la pluie, & qui ſont propres pour nourrir les plantes, donnent du ſalpêtre & du ſel commun; c'eſt pourquoi il ne faut pas s'étonner ſi on trouve ces principes dans les plantes, puiſqu'elles ſe nourriſſent dans les terres qui les contiennent.

On peut ſuppoſer par ce que j'ai dit ci-deſſus, que ce qui ſe réduit en liqueur acide, comme les eſprits de ſel, de ſalpêtre, &c. eſt un genre de principes qui a pluſieurs eſpéces; & que ce qui précipite le ſublimé diſſous, eſt d'un autre genre; mais qu'une partie de ces principes volatiles peut être unie avec les ſels fixes, & avec les terres, par la force du feu.

Lorſque le ſel armoniac, que quelques-uns appellent alcali volatile, eſt engagé avec les terres, & avec les ſels fixes qui l'empêchent de s'élever, & retiennent une partie, encore même qu'on brûle les plantes à un feu ouvert, on appellera, ſi l'on veut, ce compoſé, ſel lixiviel ou alcali fixe. On diſtingue ce ſel, en ce qu'il précipite la ſolution du ſublimé en couleur rougeâtre; ce que les autres ſels fixes ne font pas. Mais dans toutes les plantes, ces principes ſont mêlés en différentes maniéres, & leurs unions ou ſéparations ſont plus ou moins parfaites. De toutes leſquelles choſes on peut inférer avec aſſez de vrai-ſemblance, que les principes groſſiers & ſenſibles des plantes, ſont; les terres, l'eau, le ſel marin, le ſalpêtre, le ſel nitre des Anciens, le ſoufre, &c. & même l'alun & l'orpiment. Voici une conjecture que j'ai pour ce dernier.

Toutes les liqueurs qui ſont dans les animaux à quatre pieds, qui ſe nourriſſent de plantes, ſont compoſées de leurs mêmes principes; & par conſéquent, la bile qui eſt dans la véſicule du foie, eſt une ſéparation de quelques-uns de ces principes. Or ſi on fait ſécher du fiel de bœuf, & qu'on le faſſe brûler, il jette une flamme toute ſemblable à celle de l'orpiment. La bile fait auſſi des éroſions comme l'orpiment; d'où l'on peut inférer qu'il y en a un peu dans quelques plantes.

Troiſiéme hypothéſe. Ma troiſiéme hypothéſe eſt, que les ſels, les terres, les huiles, &c. que donnent les diverſes ſortes de plantes par la diſtillation, ſont les mêmes; & que les différences qu'on y trouve, ne procédent que de l'union plus ou moins parfaite de quelques-uns de ces principes groſſiers & de leurs parties les plus ſimples, ou bien de leurs ſéparations.

Prouvée par deux expériences. Cette troiſiéme hypothéſe ſe prouve par les expériences ſuivantes:

Premiére experience. Si on greffe un poirier de bon chrétien ſur un poirier ſauvage, la même ſéve qui dans ce dernier eût produit des poires fort petites & d'un mauvais goût, aiant paſſé dans les branches que la greffe pouſſe, y produira des poires fort groſſes & d'un goût excellent, & dont les autres qualitez ſeront fort différentes de celles de l'autre fruit. Mais, ſi dérechef on greffe ſur une des branches produites par cette greffe de bon chrétien, une greffe de poirier ſauvage; elle produira des poires fort petites & d'un mauvais goût. Ce qui fait cennoître manifeſtement que c'eſt toûjours la même ſéve qui étoit dans le trone de l'arbre, qui eſt diverſement déterminée, ſoit par quelque vertu occulte que quelques-uns appellent ſpécifique, qui eſt dans chaque greffe, ſoit par la ſtructure particuliére de leurs fibres & de leurs pores, qui fait prendre à cette ſéve des figures & des diſpoſitions ſemblables à celles qu'elles ont; de la même maniére que la flamme d'une chandelle prépare le ſuif qui eſt au-deſſous, & le diſpoſe à être réduit en flamme à ſon tour, en donnant à ſes petites parties un mouvement ſemblable à celui dont les ſiennes ſont agitées.

Cette

Cette troiſième hypothèſe ſe prouve encore par cette autre expérience.

Seconde expérience.

Prenez un pot où il y ait de la terre peſant ſept ou huit livres, & y ſemez une plante telle que vous voudrez; elle trouvera dans cette terre & dans l'eau qui y tombe par les pluies, tous les principes dont elle ſera compoſée étant arrivée à ſa perfection. Or, comme on y peut ſemer trois ou quatre mille plantes différentes; ſi leurs ſels, leurs huiles, leurs terres, &c. étoient différentes les unes des autres, il faudroit que tous ces principes fuſſent dans ce peu de terre, & dans le peu d'eau de pluie qui y tombe pendant trois ou quatre mois; ce qui eſt impoſſible: car chacune de ces plantes étant venue en maturité donneroit du moins un gros de ſel fixe, deux gros de terre, &c; & tous ces principes enſemble, y compris ceux qui ſont mêlés avec les eaux diſtillées, péſeroient au moins deux ou trois onces, qui multipliées par le nombre des plantes, qu'on a ſuppoſé être 4000, feroient un poids de 500 livres; au lieu que toute la terre du pot & toute l'eau qui y tombe en quatre mois, ne péſent pas 20 livres. Deſquelles raiſons & expériences il s'enſuit, que les principes dont chaque plante eſt compoſée, ſont les mêmes, du moins les groſſiers & ſenſibles; & que ſi elles ont quelqu'un de particulier, on ne peut le ſéparer & le faire voir à part.

Moïen de ſe former une idée diſtincte de ces principes.

Quoique ces principes ne ſoient preſque jamais purs & ſans mêlange, on ne peut concevoir une idée aſſez diſtincte par cette opération de l'eſprit qu'on appelle abſtraction. Ainſi on peut concevoir l'eau ſans terre, ſans ſel, ſans air, &c: on peut concevoir l'air ſans vapeurs, & ſans les fumées qui s'y élévent, en le conſidérant ſeulement comme tranſparent & aiant une vertu de reſſort: on peut concevoir l'huile ſans l'eau ou la terre qui y eſt mêlée: on peut concevoir la terre comme ce qui reſte des cendres après qu'on en a tiré le ſel; & ainſi des autres principes.

Pourquoi l'on ne met pas le feu au nombre des principes des plantes.

Vous vous étonnerez peut-être, Monſieur, de ce que je ne fais pas entrer le feu dans la compoſition des plantes, puiſque la plûpart des Philoſophes, tant anciens que modernes, le mettent au nombre des élémens. Ma penſée eſt que le feu eſt compoſé des mêmes principes qui compoſent les matières enflammées. Ainſi un charbon allumé n'eſt différent d'un charbon éteint; que parce que quelques parties de ſon ſoufre, de ſon ſalpêtre, &c. ſont fortement agitées, & que cette agitation leur donne la vertu de nous éclairer, & de nous echauffer. Ainſi la flamme d'une bougie n'eſt autre choſe que de la fumée allumée, & cette fumée eſt compoſée des mêmes principes qui ſont dans la cire. D'où il eſt évident, que le feu ne doit pas être pris pour un principe.

De l'air.

A l'égard de l'air, il y en a toûjours dans l'eau, & par conſéquent il y en a dans le ſuc des plantes; ce qu'on reconnoît aiſément dans les effervescences des liqueurs diſtillées.

SECON-

SECONDE PARTIE.

DE LA VÉGÉTATION DES PLANTES.

CEs différens principes des plantes étant assez bien établis par ce qui a été dit ci-devant; il est tems, Monsieur, que je vous explique de quelle manière je conçois que les plantes s'en nourrissent, & comme se fait leur végétation.

De la première germination de la semence; d'où elle procède.

Je commencerai par la première germination de la semence, dont j'ai fait plusieurs observations. J'ai mis pendant l'Eté des féves blanches qu'on appelle phaseoles, tremper dans de l'eau par le bout le plus éloigné du petit germe qui est entre les deux lobes qui composent le corps de la féve. Ce petit germe est composé de deux ou trois feuilles très-petites, pliées l'une sur l'autre, qui sortent d'une petite tige dont l'extrémité finit en pointe. Au milieu de cette tige il y a deux petits canaux ou liens qui s'attachent aux deux lobes, & chacun d'eux fait le même office pour la nourriture de la plante, que les vaisseaux du nombril pour la nourriture des animaux: car ces lobes s'étant imbibés d'eau, comme fait une éponge, le petit germe la succe par ces petits canaux, & avec elle quelques particules de la matière de ces lobes; & dans peu de jours les feuilles se développent, s'alongent, & s'élargissent, & la petite pointe qui doit s'étendre en racine, commence à descendre vers l'eau, quoiqu'au commencement elle soit quelquefois tournée en haut; mais elle se courbe peu à peu pour y arriver. On voit la même chose dans les graines de courges, de concombres, de melons, &c. Et par conséquent le premier commencement de la végétation procéde de la semence imbibée d'eau. Même j'ai remarqué que les petites feuilles entr'ouvrent en croissant les lobes de la féve, & s'étendent en longueur de plus d'un pouce, avec une couleur très-verte, avant que la racine qui demeure blanche, ait atteint l'eau: mais aussi-tôt que la pointe de la racine a gagné l'eau, elle la succe & la transmet, non seulement dans la tige & dans les feuilles, mais aussi dans les deux lobes par leurs petits canaux, & ces deux lobes croissent ensuite en longueur & en largeur; & dans les graines de courges & de calbasses, ils croissent beaucoup & se changent en deux grandes feuilles vertes qui continuent à fournir à la plante par les mêmes petits canaux leur substance grasse & huileuse meléo avec le suc qu'elles tirent de la racine, pour fortifier la petite plante qui ne reçoit pas encore de la terre seule un suc assez préparé. Ce corps de la semence est aussi analogue au jaune de l'œuf, qui sert long-tems de nourriture aux jeunes oiseaux, après même qu'ils sont éclos

Pour

Pour comprendre ces deux effets qui ſe font dans ces lobes, on peut les comparer à ce qu'on remarque dans le foie des animaux, où pluſieurs vaiſſeaux capillaires aboutiſſent à divers troncs; les uns verſent du ſang dans le foie, & les autres le rapportent dans le tronc de la veine cave: ainſi il y a pluſieurs vaiſſeaux capillaires dans les lobes des courges & des autres ſemences ſemblables, dont les uns diſtribuent dans ces lobes le ſuc qui vient de la racine, pour les faire groſſir, & les autres portent de ces lobes le premier ſuc bien préparé à la plante, & continuent d'en porter juſques à ce que la plante ſoit bien fortifiée. Comment ſe font les effets qui ſe font dans les lobes.

Les pois & la plûpart des féves, les glands, les noïaux de pêches & d'abricots, ne jettent point au dehors le corps de leurs graines; mais il demeure dans la terre, & s'y mêle avec l'humidité qui s'y trouve, pour nourrir les jeunes plantes, juſqu'à ce qu'elles ſoient bien fortifiées. Mais la plûpart des petites herbes, auſſi-bien que les courges & les melons, pouſſent au dehors de la terre les deux lobes en deux feuilles, & on voit ordinairement les enveloppes des lobes paroître à l'extrémité de ces feuilles.

On peut obſerver un ſemblable commencement de végétation dans les arbriſſeaux qui viennent de bouture, comme la vigne, le ſureau, les groſeliers; car la branche que l'on coupe en forme de coin aux deux bouts, étant miſe la moitié en terre; la mouelle qui eſt fort groſſe à proportion de celle des autres arbriſſeaux, s'imbibe comme une éponge, de l'eau de la pluie, ou de celle qui eſt dans la terre, & la tranſmet dans les petites fibres qui ſont entre l'écorce & le bois, d'où elle eſt pouſſée en partie vers le bout d'en-bas pour produire des racines à l'extrémité de la petite pointe, & à l'entour des nœuds qui ſont cachés en terre, & en partie vers les nœuds qui ſont à l'air, pour faire enfler les boutons qui y ſont, & les faire étendre en branches & en feuilles. Les canaux ou pores qui ſont dans cette mouelle, ne s'étendent pas en longueur, ſelon la tige de l'arbre, mais ils ſont diſtingués en pluſieurs petites cellules ovales qui ont quelque reſſemblance à l'ouvrage des mouches à miel; ce qui paroît quand la tige eſt fendue en longueur, & qu'on en regarde la moitié avec un microſcope.

Or pour ſçavoir de quelle manière ces petits vaiſſeaux capillaires qui ſont dans les graines, s'imbibent de ce ſuc, & comment les racines-mêmes reçoivent l'eau des pluies; il faut conſidérer ce qui arrive dans la végétation des animaux, qui apparemment doit avoir quelque rapport à celle des plantes. Manières dont les petits vaiſſeaux capillaires des graines s'imbibent du ſuc, & les racines reçoivent l'eau de la pluie.

On ſçait que la matière qui nourrit les animaux, après avoir été préparée par l'eſtomac, paſſe dans les boïaux, où elle trouve de petits pores & conduits imperceptibles par où les plus ſubtiles parties de cette matière qu'on appelle chyle, paſſent & s'introduiſent, & ces conduits ſont apparemment diſpoſés en ſorte que ce qui y eſt entré, trouve des obſtacles pour ſon retour; comme on en voit des exemples

dans plusieurs autres parties du corps, & même dans les veines, où il y a de petites peaux tendues, qu'on appelle valvules, qui sont disposées à laisser passer le sang qui va au cœur, mais qui s'opposent à son retour.

Or suivant cette analogie de la végétation des animaux & des plantes, il est vrai-semblable que l'eau de la pluie melée avec les autres principes qui composent les plantes, étant jointe & contigue à leurs racines, y trouve des pores imperceptibles par où elle s'insinue, & le retour en est empêché; ce qui fait que cette première sève est toûjours pressée dans les plantes. Elle a quelque rapport au chyle, & elle devient analogue au sang des veines à proportion qu'elle se mele avec le suc mieux préparé qui y est déja, & qui est semblable à peu près à celui que le corps de la semence donne au commencement.

Loi de la nature par laquelle se fait cette insinuation de l'eau.

Cette première entrée de l'eau dans les racines se fait par une loi de la nature semblable au mouvement d'union dont j'ai parlé ailleurs; car par-tout où il y a des tuyaux très-étroits qui touchent l'eau, elle y entre, & même elle y monte contre sa pente naturelle de descendre.

Pour en faire l'expérience aïez un tuyau de verre trés-étroit, & bien net: trempez l'une de ses extrémitez dans l'eau; elle y montera jusques à une hauteur considérable par-dessus son niveau: mettez un pain de sucre dans un peu d'eau par un des bouts; elle montera jusques au haut en peu de tems; mais elle ne monte point dans les tuyaux de verre s'ils sont frottés de suif, ou si par le tems ils ont pris un certain enduit comme du vernis où l'eau ne s'attache point: car il ne suffit pas que les pores soient disposés pour laisser entrer les parties subtiles des autres corps; il faut aussi qu'elles y soient poussées par quelque principe de mouvement. Mais quelle que puisse être la cause de cet effet que le vulgaire appelle attraction, il suffit qu'il est fort ordinaire, & que la Chymie en fournit beaucoup d'exemples.

Comment le suc se perfectionne & devient propre à nourrir les plantes.

Ce premier suc mal digéré n'est pas propre pour nourrir les principales parties des plantes; mais suivant l'analogie de la végétation des animaux, il doit se perfectionner en passant par des tuyaux de différentes structures, comme le sang se perfectionne en passant par les petits vaisseaux du poumon, par ceux du foie, par diverses glandes, &c.

Pour juger si ce rapport étoit véritable, j'ai soigneusement coupé en long & en travers, plusieurs tiges de plantes laiteuses, & de celles qui ont un suc jaune; & j'ai observé que toute l'humeur contenue dans ces plantes, n'étoit pas colorée, mais seulement celle qui étoit contenue dans de certains canaux que je compare aux artéres. J'ai considéré plusieurs fois la structure de ces petits canaux; & j'ai trouvé qu'ils ont chacun en leur milieu une petite fibre blanche, ligneuse, déliée, & qui peut se séparer en plusieurs filamens; qu'il y a une petite membrane à l'entour de ces petits canaux, qui les sépare du reste de la tige, & en fait comme un petit tuyau; & qu'entre chacune des fibres & la membrane

brane qui les enveloppe, il y a une matière ſpongieuſe adhérente à la membrane, & remplie du ſuc coloré; ce qu'on peut découvrir facilement par le moïen d'un verre convexe qui ſert à groſſir les objets: car les extrémitez de ces fibres étant coupées, elles paroiſſent blanches & diviſées en petits filamens, & on voit d'abord ſortir le ſuc coloré de pluſieurs endroits de cette matière ſpongieuſe, lorſqu'elle eſt entamée & rompue.

Le reſte de la tige eſt rempli d'une autre matière ſpongieuſe, pleine d'une humeur aqueuſe, inſipide, ſans couleur & d'une conſiſtence très-fluide; au lieu que la colorée eſt un peu épaiſſe & très-piquante en pluſieurs plantes. On voit une ſemblable ſtructure dans les feuilles de l'aloës, lorſqu'on en coupe une feuille en travers: car on remarque que le milieu qui a environ un pouce d'épaiſſeur, eſt d'une ſubſtance ſpongieuſe, compoſée d'un grand nombre de membranes confondues enſemble, & remplie d'une humeur aqueuſe, claire, & qui a fort peu d'amertume: on remarque auſſi que cette ſubſtance ſpongieuſe eſt couverte d'une écorce verte, dans l'épaiſſeur de laquelle il y a pluſieurs petits canaux noirâtres diſpoſés ſelon la longueur de la feuille, ſemblables à ceux des plantes laiteuſes. Ces canaux contiennent un ſuc viſqueux, jaunâtre & très-amer, qui en ſort abondamment au mois de Mai; mais dans la pulpe ou ſubſtance ſpongieuſe, il y a pluſieurs petits canaux blanchâtres, qui apparemment contiennent un autre ſuc, & qui jettent deçà & delà de petits rameaux, dont quelques-uns vont ſe joindre aux tuyaux qui portent le ſuc jaune & amer.

J'ai auſſi remarqué que beaucoup de groſſes plantes laiteuſes, comme la férule, ont ces petits canaux diſpoſés par des intervalles égaux depuis le centre de la tige juſques à la circonférence, & que la plûpart des autres plantes, comme le ſalſify, les tithymalles, l'éclaire, &c. en ont ſeulement deux ou trois rangs proche la circonférence de la tige. Ces canaux avec leurs fibres blanches, & leur matière ſpongieuſe remplie de ſuc coloré, ſe continuent de la tige aux branches, & juſques aux extrémitez des feuilles, où il s'en fait un tiſſu en forme de rets, qui forme cette nervure qui paroît dans les feuilles ſéches & même dans les vertes. Ils s'étendent auſſi juſques aux extrémitez des racines. L'angélique luiſante de Canada le fait voir diſtinctement; car dans le milieu de quelques-unes de ſes branches, qui ſont ordinairement creuſes, on en voit un ou deux qui ſont détachés du reſte, & qui tiennent ſeulement aux nœuds & aux angles des ramifications.

Il eſt aiſé de juger, que la liqueur contenue dans ces petits canaux eſt celle qui nourrit les principales parties de la plante, comme les fleurs, les fruits, les ſemences, &c. & qu'elle a du rapport au ſang des artéres; que celle qui eſt dans le reſte de la tige, a du rapport au ſang contenu dans les veines; & que les fibres qui ſont au milieu des petits canaux, ſervent à les tenir fermes, & à les empêcher de ſe plier ou de

ſe rompre ; car s'ils ſe plioient, le cours de la ſéve ſeroit interrompue : & l'on doit tenir auſſi pour aſſûré, que les plantes qui n'ont point de ſuc coloré, ne laiſſent pas d'avoir quelques canaux remplis d'une ſéve différente de celle qui eſt dans le reſte de la plante.

Or de même que dans l'extérieur des racines il y a des pores imperceptibles par où paſſe l'eau de la pluie, ces petits canaux analogues aux artéres ont en leur extérieur de petits pores imperceptibles par où paſſe la ſéve que j'ai comparée au ſang des veines après qu'elle a été préparée par la chaleur du ſoleil, & par la filtration qui s'en fait à travers la matière ſpongieuſe qui eſt dans le reſte de la plante. Le retour de cette ſéve eſt empêché, auſſi-bien que de celle qui entre dans les racines; d'où il arrive que la liqueur enfermée dans ces petits canaux eſt toûjours trés-preſſée ; ce qui ſert à faire étendre les branches, les feuilles, & les racines. Cela ſe prouve par pluſieurs expériences.

Ce qui ſert à faire étendre les branches les feuilles & les racines.

Si on coupe tranſverſalement une plante laiteuſe, ou une de celles qui ont le ſuc jaune, on voit toûjours autant ou plus de ſuc coloré venir de la partie où ſont les feuilles, que de celle où eſt la racine, quand même on tiendroit la plante arrachée, la racine en haut avant que de la couper : & ſi on coupe l'extrémité de la racine, il en ſort auſſi-bien du ſuc coloré que des extrémitez des feuilles, ou des petites branches coupées ; ce qui fait voir manifeſtement que ce ſuc eſt beaucoup preſſé dans ces canaux, comme le ſang eſt preſſé dans les veines & dans les artéres ; & que cette compreſſion fait étendre les racines, de même que les branches & les feuilles ; & qu'enfin il n'y ſeroit pas ſi preſſé, ſi le ſuc n'y entroit par des pores diſpoſés à en empêcher le retour.

Que ſi l'on coupe dérechef le reſte de la tige environ un pouce au-deſſous de la premiére inciſion, on verra encore monter du ſuc coloré qui vient des racines, mais on n'en voit point ou fort peu dans la partie ſupérieure ; ce qui doit arriver s'il y a de petits pores dans les canaux par où le ſuc s'étend vers les racines, puiſqu'ils n'en reçoivent plus des feuilles & des branches : & par la même raiſon ſi on coupe un peu de la partie où ſont les feuilles, plus haut que la premiére inciſion, on ne doit point voir monter de ſuc ou fort peu de la petite partie ſéparée, mais il en doit toûjours deſcendre de celles où ſont les feuilles ; ce que j'ai trouvé conforme à l'expérience, particuliérement dans l'herbe appellée dent de lion, dans l'éclaire & dans les tithymalles : & il me ſouvient de vous avoir fait obſerver pluſieurs fois les mêmes choſes dans quelques-unes de ces plantes.

Conjecture ſur la circulation du ſuc.

On pourroit conjecturer, qu'après que le ſuc contenu dans les petits canaux fibreux, a nourri ſuffiſamment les parties de la plante, le ſurplus eſt repris par la matière ſpongieuſe de la plante, pour être réüni avec l'autre ſuc, & rentrer enſuite pluſieurs fois dans les petits canaux par une circulation continuelle : mais je n'oſe l'aſſûrer, & encore moins qu'il y ait des pores différens dont les uns portent le ſuc à la racine

&

& les autres aux branches. Mais je tiens pour certain, que le ſuc aqueux paſſe dans les petits canaux, d'où il eſt pouſſé vers la racine & vers les feuilles après s'être mêlé avec l'autre, & avoir pris ſes mêmes diſpoſitions; comme le chyle, qui eſt blanc, en entrant dans la veine axillaire, devient peu à peu ſemblable au ſang & le répare. Je crois auſſi que la même choſe arrive dans les arbres; c'eſt-à-dire, qu'ils ont des canaux différens entre leur écorce & le bois, &c. & qu'ils ſe nourriſſent de même.

Par où le premier ſuc de dehors entre dans les plantes.

Le premier ſuc qui vient de dehors, n'entre pas ſeulement par la racine dans les plantes, mais auſſi par les feuilles & par les branches, & elles le reçoivent de la roſée ou de la pluie, ou des vapeurs dont l'air eſt toûjours rempli; ce que j'ai reconnu par les expériences ſuivantes.

Si l'on coupe une petite branche d'arbre ou de quelque herbe, comme du perſil, cerfeuil, &c. où il y ait quelque branchette à côté, & qu'on trempe l'extrémité des feuilles dans de l'eau, laiſſant la tige avec la branchette ſur le bord du vaiſſeau où ſera l'eau; cette branchette ſe conſervera verte trois ou quatre jours, même en Eté; & ſi c'eſt du baume, qui eſt une eſpéce d'herbe odoriférante, elle ſe conſervera plus de quinze jours auſſi verte que celles du jardin, & croîtra un peu: au lieu que ſi on met d'autres herbes ou petites branches d'arbre ſemblables ſur le bord du vaiſſeau, ſans toucher à l'eau, elles ſe flétriront & ſécheront en peu de tems. Que ſi on prend de la ciboulette dont les jets viennent immédiatement de la bulbe de la racine, & qu'on trempe dans l'eau les jets extérieurs qui ſont les plus longs par leurs extrémitez, laiſſant ceux du milieu & la bulbe ſans toucher à l'eau, ils ſe conſerveront plus de quinze jours très-verts, & j'en ai vû croître de la longueur de plus de quatre pouces en quatre ou cinq jours. Mais ſi aucun des jets d'une autre ciboulette ſemblable ne trempe dans l'eau, ceux du milieu ne pourront tirer qu'un peu de ſuc de la bulbe de la racine, & par cette raiſon ils ne croîtront que fort peu, & les uns & les autres ſe flétriront dans trois ou quatre jours; ce qui fait connoître évidemment que les bouts des jets de la ciboulette qui trempent dans l'eau, la portent juſques à la bulbe de la racine, d'où elle eſt rapportée dans les jets du milieu; ce qui marque une eſpéce de circulation, & que les feuilles des autres herbes & des branches d'arbres portent l'eau qu'elles touchent dans les canaux de leurs tiges, d'où elle ſe communique aux racines & aux autres branches ſi elles en ont beſoin.

Confirmation de l'opinion du retour de la ſéve vers la racine.

Pour confirmer cette opinion du retour de la ſéve vers les racines des arbres, j'ai fait faire l'expérience ſuivante:

Dans une rangée de charmes fort hauts, dont quelques-uns joignoient enſemble leurs écorces, on en choiſit deux, dont les tiges étoient de la groſſeur du bras; on ſcia la tige de l'un environ à un pied & demi au-deſſous de l'union des écorces: & pour empêcher que la ſéve montant de la racine, ne fît rejoindre les parties coupées, on mit

une petite pierre platte entre-deux : ce fut au commencement du mois de Février que ſe fit cette opération. Au Printems ſuivant, les branches latérales qui étoient au-deſſous de la jonction des tiges, pouſſérent de petits jets, & des feuilles, auſſi-bien que celles qui étoient au-deſſus, particulierement une de la groſſeur du pouce, laquelle étoit à un demi pied au-deſſus de l'inciſion, & environ un pied & demi au-deſſous de la jonction des écorces. Elle pouſſa auſſi de nouveaux jets & de nouvelles feuilles à la ſéve d'Août & à la ſéve du Printems ſuivant, de même que ſi elle eût encore reçû de la nourriture de ſa racine ; ce qui ne ſe peut expliquer qu'en ſuppoſant que la ſéve qui montoit de l'autre arbre, paſſoit dans l'écorce de celui qui étoit coupé, & y étant preſſée deſcendoit juſques au bas de la tige coupée, d'où elle réfluoit dans les branches latérales. Vous avez vû, Monſieur, le ſuccès de cette expérience, auſſi-bien que moi, & vous avez bien voulu prendre le ſoin qu'elle ſe fît avec exactitude.

J'ai obſervé auſſi pluſieurs fois que, ſi on couvre avec une cloche de verre bien clair de jeunes plants de melons qu'on éleve ſur une couche de fumier chaud, on voit lorſque le ſoleil eſt fort ardent, des goutes de roſée attachées aux extrémitez des feuilles qui demeurent très-vertes & fermes : mais, ſi on léve la cloche, il ne s'y attache plus de roſée, & les feuilles ſe flétriſſent un peu, quoiqu'elles ne ſoient pas plus échauffées qu'auparavant, à cauſe qu'elles n'ont plus les vapeurs chaudes du fumier, & que le vent les rafraîchit ; ce qui eſt une preuve qu'elles ſuçoient auparavant cette roſée, & qu'elle paſſoit dans leurs petits canaux, pour les nourrir, le ſuc attiré par la racine n'étant pas alors ſuffiſant pour les empêcher de ſe flétrir.

Que ſi l'on trempe dans l'eau une plante d'éclaire coupée près de terre, par le bout où ſont les feuilles, & une autre coupée de même par le bout coupé ; on verra, cinq ou ſix heures après, ſortir une grande abondance de ſuc jaune des canaux fibreux de celle dont les feuilles touchoient l'eau, après qu'on aura coupé la tige au-deſſous des feuilles : mais ce ſuc ſera peu coloré ; au lieu que celui de l'autre, dont le bout coupé trempoit dans l'eau, ſera beaucoup coloré & en petite quantité, ſi on la coupe de même ; ce qui ne pourroit arriver, ſi les feuilles qui touchent l'eau, n'en prenoient pour la porter dans les canaux où eſt le ſuc jaune, & ſi elles n'en prenoient davantage que le bout de la tige qui trempe auſſi dans l'eau.

Néceſſité de la roſée pour les plantes, ſurtout dans les pas chauds.

On peut connoître par ces expériences la néceſſité de la roſée, principalement dans les païs chauds, comme l'*Egypte*, où il pleut rarement, & où la terre qui touche les racines des plantes, demeure ſouvent fort ſéche ; car en recompenſe il y tombe de grandes roſées en Eté, dont les goutes ſuccées par les feuilles, & par les tiges des herbes, ſervent à les entretenir juſques à ce qu'il vienne de la pluie. Auſſi voit-on ſur la plûpart des plantes de petites pointes ou filamens qui les font paroître

tre velues, & qui ſont apparemment autant de petits tuyaux pour ſuccer la roſée & la pluie: car les herbes aquatiques, comme le creſſon, la berle, le potamogeton, le nenuphar ou lys d'eau, &c, ont leurs tiges & leurs feuilles polies & luiſantes, & n'ont point de ces petites pointes; auſſi n'en ont-elles pas beſoin, à cauſe que leurs racines ſont toûjours dans l'eau. L'oſeille n'a point auſſi de ces petits filamens extérieurs, parce que la racine entre profondément dans la terre, où elle trouve aſſez d'humidité:

La clarté du ſoleil néceſſaire pour la nourriture des plantes.

Il ne ſuffit pas qu'il y ait de la ſéve ſuffiſamment pour nourrir les plantes, mais elles ont beſoin d'être éclairées immédiatement par le ſoleil, comme on le reconnoît par cette expérience.

Couvrez avec un verre clair & étroit de la terre, où il y ait du pourpier & des laituës ſemées; elles s'ouvriront en ſortant de la terre, ſi le ſoleil luit ſur le verre, & croîtront auſſi-bien ou mieux que ſi elles étoient à l'air libre. Mais ſi vous mettez un pot plein de terre, où il y ait de ces graines ſemées, auprès d'un poële ou dans un autre lieu fort chaud, dans une grande chambre très-éclairée; ces graines s'éléveront en des filamens très-déliés, de trois ou quatre pouces de hauteur, avec deux feuilles au-deſſus très-petites, qui ne s'élargiſſent point, & dans peu de tems elles périront, comme font auſſi celles qui ſont couvertes d'une cloche de terre au ſoleil; d'où il s'enſuit que ce n'eſt pas par le défaut d'air qu'elles périſſent, mais par le défaut de la lumière immédiate du ſoleil. On pourroit expérimenter ſi en mettant ce même pot à une certaine diſtance d'une grande flamme dans un lieu fermé, ces graines ne profiteroient pas mieux qu'à une chaleur ſans lumière.

Comment ſe fait la maturité des fruits & des ſemences.

Pour ſçavoir comment ſe fait la maturité des fruits & des ſemences dans les plantes, il faut remarquer & conſidérer beaucoup de choſes. Voici la manière qui me paroît la plus facile à être expliquée.

Les racines des plantes & leurs feuilles ſuccent beaucoup d'eau, & cette eau contient fort peu des autres principes des plantes; & parce que l'eau s'évapore facilement, & les autres principes difficilement, ils demeurent engagées dans les pores & dans les fibres des plantes, & s'y melent & uniſſent diverſement ſelon la diſpoſition particulière de chaque plante.

Il s'évapore beaucoup d'eau chaque jour, principalement quand le tems eſt chaud. Car un jet de vigne d'un pied de longueur en laiſſe évaporer par jour plus de deux ou trois cueillerées; ce qu'on peut reconnoître lorſque les vignes gélent au mois de Mai; car deux heures après que le ſoleil eſt levé, leurs jets ſont noirs & ſecs: d'où il s'enſuit qu'en deux heures le ſoleil en fait évoporer toute l'eau, & qu'en douze heures il s'en diſſiperoit ſix fois autant. Mais quoiqu'il ſe perde beaucoup de ce ſuc aqueux, il en revient aſſez pour entretenir les plantes & y porter toûjours un peu des principes actifs juſques à ce qu'en-

qu'enfin il y en ait assez pour faire la dureté & la solidité des branches, & que le suc des fruits soit propre pour la nourriture des animaux ; & s'il y a encore trop d'eau après que le fruit est cueilli ; ce trop se dissipe en peu de tems, & le fruit demeure en sa parfaite maturité, quoiqu'il y reste beaucoup d'eau.

Les plantes qui ne durent qu'un an, comme le fenouil, les pavôts, &c. deviennent à la fin très-dures, & les pores par où entre l'eau extérieure, se ferment, & le soleil continuant à les dessécher, il y demeure beaucoup de parties terrestres, salines & huileuses, parfaitement mêlées avec quelques parties d'eau qui y sont retenues & engagées, & qui s'en échappent difficilement.

La même chose arrive aux graines & semences ; car à la fin elles deviennent grasses & huileuses, parce que le suc aqueux qui s'évapore presque entièrement chaque jour par la chaleur du soleil, n'enleve point avec soi le peu de matière grasse qu'il y porte, & par ce moïen il s'y en amasse jusques à leur parfaite maturité.

A quoi servent les graines, &c.

Les graines des petites plantes, & ce qui est contenu dans les noïaux & dans les pepins des fruits des plus grandes, servent non seulement à la nourriture des animaux, mais aussi à faire renaître de nouvelles plantes : & c'est en ce point où paroît visiblement une œconomie & une providence admirable dans la nature ; car ces différentes espéces de plantes ont quelque chose de particulier dans leurs graines & semences, pour les faire disperser en divers endroits, afin qu'il s'y en éléve de semblables.

Les unes ont de la bourre attachée au-dessus de la graine, comme les chardons & la scorsonére, & lorsque la graine est meure, le vent l'emporte & la seme par-tout, & elle retombe debout, parce que la bourre est plus légére que le corps de la semence. Quelques-unes ont des aecrocs, comme la grande bardane, & l'agrimoine, afin que s'attachant aux habits des hommes, & aux poils & à la laine des animaux paissans, elles soient portées ailleurs.

L'alleluia, qui est une espéce de trefle aigret, & la fraxinelle, viennent dans les bois où il ne fait point de vent, & par cette raison leurs graines auroient inutilement de la bourre ; elles n'ont point aussi d'accrocs, mais elles sont contenues dans des gousses, lesquelles étant meures se crévent par la chaleur, & les poussent par cet effet à dix ou douze pieds à la ronde. Le concombre sauvage fait la même chose ; d'où on lui a donné le nom d'elaterium. La raiponce, qui vient ordinairement sous la mousse, a la graine très-menue : car si elle étoit grosse, ou si elle avoit de la bourre, elle ne pourroit passer au travers de la mousse pour germer ; mais elle y passe facilement par sa petitesse à la premiére pluie

Les fraisiers jettent de longs bras où il y a une feuille au bout, qui touchant la terre prend racine. Le cardamine ou cresson sauvage fait

la

la même choſe. Et Monſieur *Marchand* m'a fait voir au Jardin Roïal une eſpéce de trefle, qui recourbe ſa fleur lorſqu'elle commence à ſécher, & la pouſſe en terre, afin que la graine s'y forme, & qu'elle ſe plante ſoi-même par ce moïen.

Il y a encore entre les plantes d'autres manières de ſe ſemer & d'occuper le terrain vuide; & même quelques-uns ont écrit que les cendres des plantes pouvoient ſervir de ſemences pour produire les mêmes plantes.

Qu'eſt ce qui donne à chaque plante ſa forme?

Vous demanderez peut-être ici, Monſieur, quelle eſt cette vertu dans chaque plante, qui leur fait pouſſer leurs feuilles ſelon une certaine figure & groſſeur, & qui diſpoſe leur ſemence d'une manière propre pour produire d'autres plantes ſemblables: d'où peut procéder, par exemple, que la plûpart des petits arbriſſeaux ont des pointes fort piquantes pour ſe défendre des hommes & des bêtes qui les romproient, comme le roſier, le prunier ſauvage, le houx, l'épine blanche, &c. & qu'il y a fort peu de grands arbres qui en aient; que les plantes à qui le trop grand ſoleil eſt nuiſible, ont des feuilles très-larges pour couvrir leurs fruits; que celles qui ſont rampantes, ont de petits liens pour s'accrocher; que les noïaux des fruits qui contiennent la ſemence, ſont fort durs, afin de la mieux conſerver, &c.?

Non ce qu'on appelle l'ame végétative:

Quelques Philoſophes appellent cette vertu ou principe, l'ame végétative des plantes, ou leur forme ſubſtantielle. Mais ils ne nous rendent pas plus ſçavans, puiſqu'ils ne nous expliquent pas ce que c'eſt que cette ame, ni d'où elle procéde; ſi elle eſt matérielle ou non; ſi elle eſt repandue dans toute la plante, ou en quelque petite partie; ſi elle eſt inhérente à la plante, ou non.

Ni la configuration des parties de la ſemence, &c: Ni les parties de la plante, toutes contenuës en petit dans la ſemence; 1. Parce qu'elle ne contient que les principales parties des plantes;

Quelques autres diſent, qu'il ſuffit qu'il y ait dans la ſemence une certaine configuration de petites parties, & quelque diſpoſition particuliére de fibres & de pores, par où la féve ſe puiſſe filtrer différemment, pour produire toutes les diverſitez, que nous y remarquons.

Il y en a pluſieurs qui ſoûtiennent que la ſemence de chaque plante a déja dans ſoi en petit toutes les parties qu'elle doit pouſſer enſuite, & qu'en croiſſant elle ne fait que le développer & les étendre, & que non ſeulement elle a les ſiennes propres, mais auſſi celles de toutes les autres qui en doivent être produites pendant toute la durée du monde. Mais peut-on croire qu'une graine de melon, par exemple, ait dans ſon petit germe, ſes feuilles, ſes fruits, les autres graines qui viendront dans les germes de chacune de ces graines, & tout ce que doivent produire ces germes à l'infini? Il me ſemble qu'il eſt plus vrai-ſemblable que les graines contiennent ſeulement les parties principales des plantes, & que les autres ſe font ſucceſſivement par les diſpoſitions que les premiéres donnent à la féve. On peut bien voir dans les oignons des tulipes dès le mois de Janvier, avec une loupe ou verre convexe, quelques-unes de leurs parties en petit, comme les ſix feuilles de la fleur,

la tige, le piſtil qui doit porter la graine, & les petits filets qui l'accompagnent : mais on n'y peut pas voir, même avec les meilleurs microſcopes, les graines ni les tulipes qui viendront de ces graines, ou des oignons nouveaux. Voici à peu près ce que j'en ai pu remarquer. L'oignon étant mis en terre pouſſe à côté un nouvel oignon, qui au mois d'Avril n'eſt pas plus gros qu'une lentille : il croît enſuite en même tems que la fleur, & on y voit pluſieurs enveloppes ; mais ſi on le prend lorſqu'il eſt encore petit, on n'y remarque aucune apparence des parties de la fleur, ni du nouvel oignon qu'il doit produire l'année ſuivante : enfin, lorſque la fleur eſt paſſée, & que la graine eſt toute formée, l'oignon nouveau a auſſi toute ſa groſſeur à peu près, & vers le commencement de Juin on commence à y voir quelques petites feuilles qui paroiſſent un peu, mais on a beaucoup de peine à les diſcerner, même avec le microſcope ; ce qui marque que cela s'eſt produit peu à peu par la diſpoſition de la racine qui a filtré ce premier petit principe de la plante qui doit pouſſer l'année ſuivante. Il y a même de ces oignons qui ne jettent qu'une ou deux feuilles & point de fleur ; mais ils jettent en terre, deux, trois, ou quatre tuyaux de trois ou quatre pouces de longueur, à l'extrémité deſquels ſe forment des oignons nouveaux qui produiſent des tulipes l'année ſuivante ; & c'eſt la raiſon pourquoi celles qu'on appelle des tulipes de Perſe ſe perdent : car les tuyaux qu'elles jettent tous les ans, ſont fort longs, & entrent enfin ſi profondément dans la terre, que les oignons ne peuvent plus jetter de fleurs au dehors, & ſi elles pouſſent ces tuyaux à côté, il peut arriver que dans cinq ou ſix ans les oignons nouveaux ſeront portés bien loin des endroits où l'on a planté les premiers ; & qu'ils pourront même paſſer dans les jardins voiſins.

2. Parce que toutes les plantes ne viennent pas de graines ;

D'ailleurs, toutes les plantes ne viennent pas de graines, & beaucoup de plantes ſortent de terre ſans être ſemées.

J'ai vû dans un étang mis à ſec la terre commencer à ſe couvrir d'une herbe menue, qui ne dura que deux ou trois ans ; l'humidité de la terre étant diſpoſée à cette production. Enſuite il en vint d'autres, & par-tout où l'on faiſoit des foſſez, le rejet des terres produiſoit du ſénevé, ou graine de moûtarde, & il n'y avoit aucune raiſon de croire, ou même de douter qu'il y eût eu du ſénevé caché au fond de la terre, où l'eau avoit été cinq ou ſix ans de ſuite.

On peut donc conjecturer qu'il y a dans l'air, dans l'eau & dans la terre, une infinité de corpuſcules faits de telle ſorte, que deux ou trois s'accrochans peuvent donner le commencement à une plante, & lui ſervir de ſemence, s'ils trouvent la terre diſpoſée à ſon accroiſſement. Mais il n'eſt pas croïable que ce petit compoſé de corpuſcules contienne toutes les branches de cette plante, ſes feuilles, ſes fruits, & ſes graines ; & encore moins que dans ces graines ſoient contenues en petit toutes les branches, feuilles, fleurs, &c. des plantes qui ſe produiront à l'infini enſuite de cette première germination. Je me ſuis confirmé

dans

dans cette opinion, & même que toutes ces choſes n'étoient pas contenues dans les ſemences, par cette expérience.

J'ai coupé, vers la fin du mois d'Août, les branches d'un roſier commun & toutes ſes feuilles, ne laiſſant que les petits nœuds qui devoient produire des roſes au Printems ſuivant. Mais quoique ces nœuds pouſſaſſent des branches & des feuilles au mois de Septembre, ils ne pouſſérent aucune fleur. D'où il eſt aiſé de conclure, que toutes les parties d'une plante ne ſont pas toûjours contenues en petit dans leur ſemence, puiſque les roſes de l'année prochaine ne ſont pas encore en Automne dans les nœuds des branches qui les doivent pouſſer, & qu'il faut que les petits principes propres à les produire s'y amaſſent peu à peu pendant l'Hiver & au commencement du Printems. 3. Parce que cela eſt contre l'expérience:

D'ailleurs, les pepins des pommes & des poires produiſent des arbres qui portent des fruits qui ne ſe reſſemblent point, & les graines d'un même melon produiſent des plants de melon dont chacun a ſes fruits différens de ceux des autres, quoique ceux de chaque plants ſoient ſemblables; & on m'a aſſûré, que les pepins des pommes & des poires produiſent des arbres qui portent des fruits qui ne reſſemblent point à ceux dont les pepins ſont venus. Or, ſi les pepins avoient en petit tous les pepins à l'infini, les derniers ſeroient apparemment de même nature, & ne produiroient pas des fruits différens. On peut auſſi remarquer qu'une branche qu'on greffe, eſt ordinairement trois ans avant que de produire des boutons à fleur. D'où il s'enſuit que les pores & les fibres de l'arbre ſe diſpoſent peu à peu pour filtrer & joindre enſemble les principes du fruit & de la fleur, & que les premiers nœuds n'ont point encore ces principes, puiſqu'ils ne pouſſent que des branches & des feuilles. Il eſt donc vrai-ſemblable que les principales parties de la germination des plantes ſont contenues dans leurs ſemences, & qu'elles ſont diſpoſées à former des fibres & des pores propres à la filtration & à l'union de certains principes qui y paſſent comme par des filières ou des moules; d'où ſe forment enſuite les autres parties, ſçavoir les fruits, les ſemences, & les commencemens de la ſeconde germination. Mais les principales parties des plantes contenues dans la ſemence & diſpoſées &c.

C'eſt auſſi cette première ſtructure qui diſpoſe les premiers principes des plantes pour y produire leurs qualitez & leurs vertus différentes. Mais il eſt très-difficile de déterminer quelles ſont les ſéparations, les filtrations, les mélanges & les unions exactes de ces principes, quels ſont les pores par où ils ſe filtrent, & quelles ſont les manières de leurs filtrations; parce que ces choſes ne tombent point ſous les ſens, & qu'on n'a aucun fondement probable pour appuïer les conjectures qu'on en voudroit tirer: c'eſt pourquoi cette dernière partie de la nature des plantes me ſemble la plus difficile.

Pour la mieux éclaircir, j'examinerai premièrement quelles ſont les cauſes des différentes vertus & qualitez des plantes; & enſuite ſi on peut les connoître par la Chymie ou autrement, ſans en avoir fait l'expérience.

TROISIÈME PARTIE.

DES CAUSES DES VERTUS DES PLANTES.

Des qualitez vénéneuſes.

LEs qualitez nuiſibles & vénéneuſes ſont plus apparentes & plus connues que les ſalutaires & nourriſſantes, mais les cauſes n'en ſont pas moins obſcures. Quelques Médecins prétendent que le chaud & le froid, le ſec & l'humide, ſont les cauſes des vertus différentes des plantes, ſelon qu'elles participent plus ou moins de ces qualitez. Mais cette hypothèſe eſt trop groſſière pour être reçûe, puiſqu'il s'enſuivroit que l'eau, qui ſelon cette Philoſophie eſt le premier froid, ſeroit un poiſon, de même que la terre par ſon extrême ſéchereſſe; ce qui eſt contre l'expérience.

Cauſes de ces qualitez vénéneuſes.

Il y a trois choſes qu'on peut conjecturer être les cauſes des qualitez vénéneuſes qui ſont dans quelques plantes. La première, que ces plantes ont quelques principes particuliers & inconnus que les autres plantes n'ont pas, & que ces principes n'entrant pas dans la compoſition de certains animaux, les font mourir, de la même ſorte qu'une goute d'eau étant verſée près de la méche d'une chandelle allumée, cette eau y eſt attirée, laquelle ne pouvant ſe convertir en flamme, il ſe fait une diſcontinuation & interruption de la flamme de la chandelle, d'où il arrive qu'en peu de tems la chandelle s'éteint. La deuxiéme, que dans les plantes il ſe fait une ſéparation de quelques-uns des principes les plus ſimples, ſemblable à celle que fait le feu dans le ſalpêtre & dans le vitriol, lorſqu'il en ſépare les eſprits ou eaux fortes; & ces principes ſéparés peuvent faire dans l'eſtomac des effets à peu près ſemblables à ceux que font ces eſprits acides tirés par la force du feu. Ou enfin, que les plantes ſont des unions exactes de quelques-uns de ces principes, que l'eſtomac des animaux ne peut plus deſunir pour faire d'autres unions propres à leur nourriture; ce qui peut donner une qualité nuiſible.

Véritables cauſes prouvées par raiſons fondées ſur des expériences.

Or ſi l'on peut prouver ces deux dernières façons, il n'eſt pas néceſſaire de recevoir la première; car c'eſt une mauvaiſe méthode en Phyſique de ſuppoſer des cauſes qu'on n'apperçoit point, quand on en connoît d'autres qui peuvent ſuffire. Il paroît même impoſſible qu'il y ait de ces principes particuliers en quelques plantes; car celles qui ſont vénimeuſes, comme la ciguë & l'aconit, trouvent leur poiſon dans la même terre, dans laquelle la canne de ſucre trouve ſa douceur, & quelques autres plantes, leurs bonnes qualitez. Or, puiſque les plantes prennent indifféremment tout ce qui eſt diſſous dans l'eau qui touche leurs racines, il s'enſuit qu'il ne peut pas y avoir des principes qu'une

ne plante attire & que les autres n'attirent pas. Vous pourrez connoître que les plantes ſuccent ce qui leur eſt nuiſible auſſi-bien que ce qui leur eſt propre, ſi vous faites verſer de l'urine au pied d'une laituë, ou d'un chou; car ils ſe flétriront dans deux ou trois heures, principalement s'il fait chaud.

Il reſte donc que ce ſoit les ſéparations ou les unions plus ou moins exactes des principes, & leurs différentes proportions produites par les filtrations & diviſions différentes à travers les pores de diverſes ſtructures, qui donnent des qualitez différentes aux plantes; & il eſt aiſé de prouver que ces choſes ſont ſuffiſantes pour cet effet, & qu'il faut fort peu de changement dans la compoſition & union des principes, pour faire des compoſés très-différens. Je ſçai pluſieurs expériences ſur leſquelles on peut fonder cette hypothéſe. J'ai choiſi celles qui ſuivent, dont la plûpart ſont fort communes, & dont vous pourrez tirer facilement les inductions néceſſaires pour en être perſuadé.

Les pierres à feu ont une enveloppe groſſière qui ſert de filtre pour ſéparer l'inflammable, de l'humidité aqueuſe, qui empêche le feu. Les diamans & les autres pierres précieuſes ont auſſi quelques enveloppes pour filtrer leurs parties les plus pures & tranſparentes. Les métaux ſe forment à peu près de même; & par cette raiſon les plantes peuvent avoir des vertus différentes, par les ſeules différentes filtrations de leurs principes communs.

Si on laiſſe échauffer le vin nouveau tout ſeul, il perd en peu de tems toute ſa douceur, principalement ſi on laiſſe les tonneaux ouverts: mais ſi on le fait bouillir ſur le feu incontinent après que les raiſins ſont preſſés; la plûpart des principes volatiles de la douceur ſe concentrent & ſe lient avec les parties les plus fixes du vin, en ſorte que cette douceur ſe conſerve pluſieurs années. J'ai éprouvé qu'aiant empli deux bouteilles égales de vin nouveau non encore rougi, & aiant fermé l'une exactement, & laiſſé l'autre ouverte; le vin de cette dernière, après avoir jetté ſon écume pendant ſept ou huit jours, ſe trouva trouble & ſans aucune douceur, & celui de la première ſe trouva clair & limpide comme de l'eau de fontaine & très-doux; ce qui procédoit apparemment de ce que celui qui n'étoit point fermé, avoit laiſſé agiter & élever les parties volatiles, dont l'union avec quelques autres principes fait la douceur, & qu'en même tems cette agitation avoit empêché les parties groſſières de tomber en lie au fond: au lieu que dans la bouteille ſcellée, ces mêmes eſprits volatiles étoient demeurés ſans mouvement conſidérable; ce qui avoit produit ces deux effets, de laiſſer tomber au fond la lie, & de conſerver la douceur; & ces différences ſi grandes, dans une même ſorte de vin, procédoient ſeulement de ce que l'un avoit été bien ſcellé, & l'autre non.

Lorſque le vin eſt fait, il conſerve fort long-tems ſa bonté, ſi les tonneaux ſont bien fermés; mais ſi on en laiſſe dans un verre à l'air, il

s'aigrit en peu d'heures, quoiqu'il ne diminue pas ſenſiblement de quantité. Or les qualitez du vin & du vinaigre ſont fort différentes : le vin eſt plus léger que l'eau, le vinaigre eſt plus peſant ; le vin eſt fort nourriſſant, le vinaigre maigrit & deſſéche ; le vinaigre diſſout des corps que le vin ne diſſout pas ; & toutes ces différentes qualitez dépendent ſeulement de quelques légéres & inſenſibles ſéparations de ce qui étoit auparavant uni.

Les cormes ſont âpres un jour auparavant que d'être molles ; & étant molles, elles ſont douces & bonnes à manger, quoiqu'elles n'aient pas diminué ſenſiblement de poids.

Si les pointes de l'ortie n'étoient pas viſibles, quelques-uns pourroient attribuer les petites enflures qu'elle excite avec douleur par ſon attouchement, à quelque qualité occulte, ou à quelque principe particulier qui ne ſeroit pas dans les autres plantes ; & cependant ces pointes ne ſont vrai-ſemblablement qu'un tiſſu des mêmes principes qui compoſent le reſte de l'ortie. Les piqûres de l'épine blanche ſont ſouvent très-difficiles à guérir. On peut croire que cela ne procéde pas d'un principe vénéneux, mais de ce que ſes pointes ſont très-aigues, & aſſez fermes pour bleſſer les tendons & les nerfs ; ce que celles de l'épine noire & des autres plantes ne peuvent faire que très-rarement. C'eſt par la même raiſon que les bleſſures des aiguilles ſont plus dangereuſes que celles des épingles. D'où l'on peut juger, que l'acrimonie, l'acidité, l'amertume, la douceur, &c. ne procédent pas de différens principes, mais de leurs mélanges ou unions plus ou moins exactes, ou des ſtructures particuliéres, & des configurations différentes que reçoivent leurs petites parties.

Si on méle exactement une certaine quantité de charbon, de ſalpêtre, & de ſoufre ; le compoſé, qui eſt ce qu'on appelle la poudre à canon, produit des effets admirables & de très-grande force dans les mines, dans les canons & dans pluſieurs feux d'artifice : mais ſi on méle négligemment ces matiéres, ou ſi la doſe de chacune n'eſt pas dans la proportion néceſſaire ; elles ne font aucun effet conſidérable.

J'ai vû de l'eau qu'on diſoit avoir été apportée d'une fontaine près du *Rhin* au-deſſus de *Cologne*, qui avoit le goût vineux, & étant mêlée dans du vin, le rendoit plus fort ; mais ſi on la laiſſoit un peu éventer, elle perdoit preſque toute ſa ſaveur & ſa force ſans qu'elle parût diminuée de poids.

Les mouches à miel trouvent le miel au fond des fleurs ; & on le peut croire facilement, puiſque, lorſque nous ſuçons le fond de certaines fleurs, comme de l'ormin, de l'ancolie, des treſles, du jaſmin, &c. nous y trouvons une liqueur douce qui s'y eſt filtrée & amaſſée. Mais ſi on laiſſe éventer l'hydromel, qui eſt une liqueur compoſée d'eau & de miel, il devient très-acide ; parce que le tempérament des principes qui ſont la douceur, ſe change, & qu'il s'en ſépare quelques-uns par l'évaporation.

La

La racine, appellée manioque dans les Iſles *Antilles*, a ſon ſuc vénimeux: mais ſi on fait ſortir une partie de ce ſuc en le preſſant, & qu'on cuiſe le reſte; le pain qu'on en fait, qu'on appelle caſſave, eſt bon & nourriſſant.

Il ſuit de ces expériences, qu'on ne doit point attribuer à quelque principe particulier, ce qui fait le poiſon, ou la faculté purgative, &c. dans une plante, mais ſeulement aux différentes unions & ſéparations de quelques parties des principes communs à toutes les plantes.

D'où procédent ces cauſes.

On peut auſſi juger que ces unions & ſéparations différentes procédent de la ſtructure intime de chaque eſpéce de plante, c'eſt-à-dire, de l'arrangement de pluſieurs petits tuyaux, de pluſieurs petits cribles, &c. diverſement figurés & diſpoſés ſelon une manière propre à produire tous les effets qui en doivent ſuivre.

Par où l'on peut juger à quoi une plante eſt utile ou nuiſible: ſçavoir, par les expériences & non par l'inſpection de ſa conſtruction: Ni par leur couleur:

Cette hypothèſe étant reçûe comme la plus probable, il reſte à examiner ſur quelles conjectures on peut ſe fonder, pour juger à quoi une plante eſt utile ou nuiſible.

Ma penſée eſt qu'il n'y a que les ſeules obſervations & expériences pluſieurs fois réitérées, qui nous en puiſſent inſtruire, & j'en fais la preuve en cette manière:

Il eſt impoſſible ou très-difficile d'appercevoir, même avec les meilleurs microſcopes, les différences des petits pores des plantes, & les filtrations internes de leurs ſues: & quand on y pourroit diſtinguer quelque choſe; il ſeroit encore très-difficile de déviner les propriétez particulières qui devroient être produites par ces différences.

Les couleurs des fleurs, des fruits, &c. ne peuvent donner aucun indice certain de ces propriétez. Car les fleurs du nappel & de l'aconit ſont bleues, auſſi-bien que celles de la bugloſe & de la chicorée. Il y a des pommes & des poires qui ſont d'un mauvais goût, quoiqu'elles aient des couleurs très- vives & très-belles. Il y a des fruits vénimeux qui ont leurs couleurs ſemblables à celles des ceriſes, ou des abricots; & quoique les tithymalles aient leur ſuc blanc auſſi-bien que les laituës, il y a pourtant de très-grandes différences entre leurs propriétez.

Ni par leur odeur:

Les indices qu'on pourroit tirer des odeurs, ſont encore très-incertains. Il y a des eſpéces de champignons qui plaiſent à l'odorat, & ne laiſſent pas d'être vénimeux. Les pommes de Mandragore ont une odeur aſſez agréable, quoiqu'elles aient des qualitez très-nuiſibles. Entre pluſieurs melons qui ont une odeur également agréable, il y en a qui ſont d'un goût excellent, & d'autres qui ſont fades & inſipides. Le romarin, le myrte, la lavande, l'abſinthe, &c. qui ont les feuilles odoriférantes, pouſſent au commencement des diſtillations une huile que les Chymiſtes appellent eſſentielle; d'où l'on peut conjecturer que leur odeur procéde de leurs parties huileuſes & inflammables: mais les fleurs odoriférantes, comme la roſe, la jonquille, & l'œillet, ne s'accordent pas à cette hypothèſe, car elles ne donnent point d'huile eſſen-

eſſentielle. Si l'on froiſſe entre les doigts les feuilles de la méliſſe, elles deviennent plus odoriférantes, comme ſi leurs parties huileuſes & ſulfurées, qui ſont moins volatiles que les vapeurs aqueuſes, avoient beſoin d'être échauffées pour faciliter leur évaporation: mais les feuilles d'une roſe étant froiſſées perdent leur odeur. Le bec-de-gruë muſqué ne ſent rien qu'après le ſoleil couché, & il eſt difficile d'en donner d'autre raiſon, ſinon que ſon odeur eſt produite par quelques petites parties fort ſubtiles & legères qui s'élèvent toutes ſeules ſans melanges de vapeurs aqueuſes, quand la plante n'eſt pas échauffée. Les feuilles de myrte & d'abſinthe pouſſent des eſprits armoniaques au commencement de la diſtillation: la plûpart des fleurs odoriférantes ne pouſſent alors que des eſprits acides. L'encens brûlé eſt d'agréable odeur: les roſes brûlées & le vin jetté dans le feu, donnent des vapeurs puantes.

De ces expériences il eſt facile de conclure que les bonnes ou mauvaiſes odeurs procédent quelquefois du mélange de deux ou trois principes particuliers, & d'autrefois du melange de deux ou trois autres; mais que ces différentes combinaiſons ne peuvent être bien connues, & que quand elles le ſeroient, elles ne feroient pas connoître les unions ou ſéparations des autres principes qui ſont les principales vertus des plantes.

Ni par les ſaveurs:

Les ſaveurs nous peuvent encore facilement tromper. Entre les herbes amères, quelques-unes ſont vénimeuſes; d'autres ſont ſalutaires. Il y en a d'également inſipides qui ont des qualitez très-différentes; & l'on ne peut même dire certainement, quels principes ſont les ſaveurs, ni par conſéquent on ne peut fonder ſur le goût une connoiſſance certaine des vertus particulières des plantes, & de leurs différentes propriétez.

Ni par les opérations de la Chymie.

Elles ne peuvent non plus être connues par les opérations de la Chymie; car on trouvera beaucoup de plantes nourriſſantes qui donnent dans leurs diſtillations, des ſels, des huiles, des eſprits, &c. ſemblables pour le goût, pour l'odeur, & pour d'autres effets, à celles que donnent la ciguë & les tithymalles.

L'arum qui prend au goſier, & l'hydropiper qui eſt ſi piquant ſur la langue, donnent des ſels fixes, des ſels volatiles, des eſprits acides & des huiles à peu près ſemblables à celles que donnent la laituë & le pourpier, qui ſont preſque inſipides. Le vin & l'yvraie enivrent; le blé ne le fait point, ni le ſucre, quoiqu'on puiſſe tirer de l'eſprit ardent de ces matières, auſſi-bien que du vin & de l'yvraie.

Dira-t-on que les plantes qui abondent en eſprit léger & armoniac, échaufferont, & que celles qui ont beaucoup d'eſprit acide, rafraîchiront? Que celles dont le ſel fixe reſſemble au ſel commun parce qu'il ne trouble pas le ſublimé diſſous, auront d'autres vertus que celles dont le ſel reſſemble à celui qu'on tire des lies de vin brûlées, qu'on appelle ſel de tartre? Mais toutes ces conjectures ſont trompeuſes. Les chicorées, les

les laituës, & pluſieurs autres herbes qui rafraîchiſſent, ne font paroître aucun eſprit acide, mais beaucoup d'eſprit léger ou armoniac. L'ortie fait la même choſe, quoiqu'elle ſoit apparemment bien différente des laituës & des chicorées.

Les plantes naiſſantes ne donnent point ou très-peu d'eſprit acide, & elles en donnent beaucoup d'armoniac, même au commencement de la diſtillation; mais étant meures & prêtes à ſécher, elles donnent beaucoup d'eſprit acide & peu d'armoniac, ſinon ſur la fin de la diſtillation: & cependant on ne ſait pas ordinairement de diſtinction entre les vertus qu'elles ont étant jeunes, & celles qu'elles ont étant adultes.

L'extrait de noix de galle mêlé, avec des œufs dans un plat, les coagule & les fait paroître cuits: l'eſprit de vin fait la même choſe; & ces matières les cuiſent auſſi promptement, que ſi on mettoit le plat ſur un aſſez grand feu. Le ſel armoniac & le ſel de tartre ſont des effets contraires à ceux de la noix de galle, & de l'eſprit de vin; car ils empêchent le ſang de ſe coaguler, lorſqu'étant fraîchement tiré, on y mêle de l'eau où ces ſels ſont diſſous: & on ne peut pas dire que dans la noix de galle & dans l'eſprit de vin il n'y ait point de ſel armoniac ou de ſel lixiviel. D'où il eſt évident, que les diſtillations ne peuvent donner à connoître ces melanges & ces unions imperceptibles, non plus qu'on ne peut juger qu'eſt-ce qui arrive au bois pourri pour devenir lumineux, ou pourquoi le fumier des bœufs ne s'échauffe point, & que celui des chevaux & des moutons, qui vivent des mêmes herbes que les bœufs, s'échauffe.

Que ſi on trouve de la différence dans les ſels de quelques plantes après la diſtillation, cela peut procéder de ce que quelques-uns retiennent par une exacte union quelques autres principes que le feu n'a pu ſéparer, ou même que le feu a fait de nouvelles unions; & ainſi le feu peut ôter une qualité nuiſible à une plante, & en donner une nuiſible à une autre qui ne l'avoit pas. Car, puiſque leurs vertus viennent des unions & des mélanges différens de quelques principes, & que la Chymie fait de nouvelles unions & ſéparations; elle peut tirer du poiſon d'une plante ſalutaire, & un bon reméde d'une plante vénimeuſe: mais elle ne ſera pas connoître ce qui fait leur bonté ou leur malignité dans leur état naturel; & il faudra attendre long-tems avant qu'on puiſſe venir à bout de cette découverte. On pourroit même dire que les plantes telles qu'elles ſont en leur état naturel, nous doivent mieux faire connoître leurs vertus, que lorſqu'elles ſont changées par les diſtillations, & on peut le prouver par les raiſons ſuivantes:

Les principes des plantes étant mêlés dans la terre, & chacun d'eux y trouvant ſon correctif, on n'y remarque ni odeur ni ſaveur, ni preſque aucune vertu ſalutaire ou nuiſible, & les décoctions des terres communes ne feront aucun mal à ceux qui en boiront. Mais la diſpoſition particulière de chaque plante, arrangeant diverſement ces principes, fait

paroître dans les fleurs & dans les fruits de certaines plantes, des couleurs très-belles & très-vives, des saveurs exquises, des odeurs agréables; & dans d'autres plantes, de mauvaises odeurs, de l'amertume, &c: lesquelles choses diverses les font distinguer facilement les unes des autres, & nous donnent quelquefois d'assez bonnes conjectures pour connoître leur bonté ou leur malignité. Au lieu que l'action du feu confond toutes ces choses, & qu'il est même difficile de discerner par les sens, de quelles plantes procédent les eaux, les huiles, & les autres matières qu'on en a tirées par la distillation.

On peut même douter si quelques-uns des principes les plus agissans des plantes, comme ceux qui sont le poison, ou qui servent à la guérison des malades, ne s'évaporent pas par la grande chaleur des fourneaux, à travers les cornuës & les ballons de verre; puisque l'on remarque que la vertu des eaux minérales se perd ou se diminue dans peu de jours, en les transportant d'un lieu en un autre, quoique les vaisseaux qui les contiennent, soient scelés bien exactement. On peut encore douter s'il ne passe pas quelque chose de la matière du feu, ou de celle des vaisseaux, dans les matières distillées.

Que si l'on dit que les opérations de la Chymie pourront faire connoître les plantes qui auront une plus grande quantité de certains principes; je répons qu'il s'y trouvera encore beaucoup de difficultez: car les divers degrez de feu, l'âge des plantes, les lieux où elles ont crû, la différence des saisons plus ou moins pluvieuses, la différente exactitude de lutter les vaisseaux dans lesquels se font les distillations, leurs différentes matières, le mélange différent de leurs parties avec les matières distillées, la fixation des sels volatiles par les fixes, & la volatilisation des fixes par les volatiles, pourront faire qu'une plante qui a naturellement plus de sel fixe ou de sel volatile qu'une autre, en fera moins paroître, & ainsi des autres principes. De toutes lesquelles choses je conclus, que la Chymie ne peut donner aucune lumière pour faire connoître quelles sont les causes des effets particuliers de chaque plante.

J'avoue donc ici nettement mon ignorance, & que dans la recherche que j'ai faite de ces causes particulières, je n'ai rien découvert qui me pût satisfaire, & qui eût la moindre apparence de certitude. C'est pourquoi je conseille aux Sçavans de ne pas se tourmenter à les chercher, soit par la Chymie, soit par les raisonnemens qu'ils pourroient fonder sur l'hypothèse commune du chaud, du froid, du sec, & de l'humide, ou sur celle de l'acide & de l'alcali, &c; mais de s'arrêter seulement à ce que les observations & les expériences de plusieurs siécles nous en ont pu faire découvrir. C'est par leur moïen que nous connoissons les plantes vénimeuses, & la force de leur poison; & que nous sçavons faire le choix de celles qui sont de bons alimens, de celles qui nous rafraîchissent, qui sont diuretiques, qui purgent, &c.

Pour

Pour faire donc quelque choſe d'utile au public, il faut vérifier par pluſieurs nouvelles expériences, ce que les Anciens & les Modernes ont dit ou écrit touchant les propriétez des plantes, ſoit de chacune en particulier, ſoit de pluſieurs jointes enſemble. Par ce moïen on pourra s'aſſûrer de la bonté des médicamens: & pour faire de notables progrès dans la Médecine, il faudroit que les Princes & les Républiques fiſſent propoſer & donner des recompenſes très-conſidérables à ceux qui découvriroient que quelque plante particulière, ou le mélange de quelques-unes, fût propre à la guériſon de certaines maladies; pourvû qu'ils le fiſſent connoître par des expériences ſuffiſantes, c'eſt-à-dire, que ſi leur reméde guériſſoit en peu de tems, les deux tiers, ou les trois quarts d'un grand nombre de malades, il ſeroit reçû pour bon, & ils en recevroient la recompenſe, en inſtruiſant le public de la maniére de le préparer & de l'appliquer. Avis ſur les moïens de faire des progrès dans la Médecine.

Je crois que c'eſt l'unique moïen d'établir quelque certitude dans la connoiſſance des vertus particulières des plantes, & qu'on ne peut par aucun autre artifice ou par aucun raiſonnement les découvrir, & qu'il eſt même dangereux de s'appuïer ſur de foibles conjectures dans ces matières.

Voilà, Monſieur, à peu près, ce que j'ai pu apprendre touchant les plantes, dont apparemment vous ne ſerez pas ſatisfait. Mais il vaut mieux ſçavoir quelque choſe dans les matières difficiles, que de les ignorer entiérement; & c'eſt même beaucoup, de pouvoir ſe défendre de croire des choſes fauſſes, qui par leur prévention nous empêchent ſouvent de connoître la vérité, lorſque le hazard ou le raiſonnement nous la pourroit faire découvrir.

F I N.

SECOND ESSAI.
DE LA
NATURE
DE
L'AIR.

Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Royale des Sciences.

DISCOURS
DE LA
NATURE DE L'AIR.

L'Air eſt ſi néceſſaire à la conſervation de notre vie, & ſon étenduë eſt d'une grandeur ſi conſidérable, que ceux qui s'appliquent à la connoiſſance des choſes naturelles, ne doivent pas négliger de rechercher ſes diverſes propriétez: elles ſont très-ſurprenantes, & en grand nombre; mais la plûpart ſont très-difficiles à expliquer.

Quelques Philoſophes ſoûtiennent que l'air n'eſt autre choſe que les évaporations de l'eau & des autres matières contenues dans la terre, qui s'élévent par la chaleur du ſoleil. Les enfans & les hommes groſſiers ont bien de la peine à être perſuadés de ſon exiſtence, parce que ſa tranſparence le rendant inviſible, ils ſe laiſſent facilement prévenir qu'il n'y a rien dans un vaiſſeau où l'on n'a verſé aucune liqueur, ni mis aucun autre corps viſible. On commence à s'en appercevoir par la réſiſtance qu'il fait au mouvement des corps larges & peu épais, comme ſont les feuilles de papier, ou l'aile d'un grand oiſeau, & par le bruit qu'il fait en ſortant de l'eau, lorſqu'on y plonge une bouteille ou une cruche vuide.

On a beaucoup plus de peine à croire qu'il a de la peſanteur, & il faut beaucoup de raiſonnemens & d'expériences, pour s'en laiſſer perſuader, parce que s'élevant au-deſſus de l'eau & de toutes les autres liqueurs, on attribue ce mouvement de bas en haut à une légéreté abſolue. Première propriété de l'air, qui eſt ſa peſanteur.

La preuve qui paroît la plus forte pour établir la peſanteur de l'air, eſt celle qu'on tire d'un effet ſurprenant qu'on voit arriver dans des tuyaux de verre de trois ou quatre pieds de hauteur, fermés par un bout & remplis de mercure. L'expérience en eſt aſſez connue. On ferme avec le doigt le bout ouvert d'un de ces tuyaux; & après l'avoir renverſé on plonge ce bout ouvert dans d'autre mercure, mis dans quelque vaiſſeau: on ôte le doigt; & alors le tuyau ne ſe vuide pas entiérement, mais il demeure rempli de mercure juſqu'à la hauteur d'environ vingt-ſept pouces & demi. C'eſt ce qu'on appelle l'expérience du vuide, & ce tuyau avec le mercure s'appelle un barométre, à cauſe qu'on s'en ſert à meſurer la peſanteur de l'air, par le moïen des différentes hauteurs où ce mercure enfermé demeure, ſelon les diverſes diſpoſi-

tions du tems ; car il y a de certains jours où il s'éléve à *Paris* juſques à vingt-huit pouces & quatre ou cinq lignes ; & d'autres jours où il ne s'éléve qu'à vingt-ſept pouces, moins une ou deux lignes ; & ordinairement il demeure dans les hauteurs, comme de vingt-ſept pouces & demi, ou de vingt-ſept pouces & huit lignes.

Pour faire voir que cette élévation de mercure & ces changemens de hauteur ſont des effets des poids differens dont la ſurface du mercure qui eſt dans le vaiſſeau, eſt chargée, faites plonger un barométre dans une eau profonde & fort claire, & vous verrez que la hauteur de trois pieds & demi d'eau par-deſſus cette ſurface fera monter le mercure vers le bout d'en-haut, environ trois pouces plus haut qu'il n'étoit dans l'air; & que la hauteur de quatorze pouces ne le fera élever qu'à un pouce plus haut ; ce qui procéde manifeſtement de ce que le mercure peſant quatorze fois plus que l'eau, comme on le peut connoître par le moïen d'une balance, le poids de trois pieds & demi d'eau fait équilibre au poids de trois pouces de mercure, & le poids de quatorze pouces à celui d'un pouce ; & par conſéquent trois pieds & demi d'eau le doivent faire monter à trois pouces plus haut, & quatorze pouces, à un pouce ſeulement. Et parce qu'on voit par pluſieurs expériences, que lorſqu'on porte un barométre dans un lieu profond, le mercure s'éléve plus haut que quand il eſt à la ſurface de la terre, & qu'il baiſſe beaucoup plus dans les lieux fort élevés que dans ceux d'une médiocre hauteur : on tire facilement la méme conſéquence que celle qu'on tire à l'égard de l'eau ; ſçavoir, que plus il y a d'air au-deſſus du mercure du vaiſſeau où le bout du tuyau eſt plongé, plus le mercure s'éléve, & que lorſqu'il s'éléve à vingt-huit pouces, c'eſt une marque qu'une colomne de mercure de vingt-huit pouces péſe autant que la colomne d'air de méme largeur, qui s'étend alors depuis la ſurface du mercure qui eſt dans le vaiſſeau, juſqu'au haut de l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, juſques à la plus haute ſurface qui termine l'air.

On fait encore pluſieurs autres expériences qui prouvent ſuffiſamment que l'air eſt peſant, & les raiſons par leſquelles quelques-uns ont voulu prouver qu'il étoit abſolument léger, ſont ſi foibles, qu'elles ne valent pas la peine d'être refutées.

Seconde propriété de l'air, qui eſt de pouvoir être condenſé & dilaté & d'avoir la vertu de reſſort.

La ſeconde propriété de l'air eſt de pouvoir être extrêmement condenſé & dilaté, & de conſerver toûjours une vertu de reſſort, par laquelle il repouſſe ou fait effort pour repouſſer les corps qui le preſſent, juſqu'à ce qu'il ait repris ſon extenſion naturelle. La plûpart des autres reſſorts s'affoibliſſent peu à peu, mais on ne remarque point que celui de l'air s'affoibliſſe ; & quelques-uns m'ont dit avoir vû des arquebuſes à vent chargées depuis plus d'un an, faire le même effet qu'étant chargées de nouveau. L'air ſe dilate auſſi trés-facilement par la chaleur, & ſe condenſe par le froid, comme on le remarque tous les jours par pluſieurs expériences.

Il

Il ne faut pas croire que l'air qui eſt proche de la ſurface de la terre, & que nous reſpirons, ait ſon étenduë naturelle : car, puiſque celui qui eſt au-deſſus, eſt peſant, & qu'il a une vertu de reſſort ; celui qui eſt ici bas étant chargé du poids de toute l'atmoſphére, doit être beaucoup plus condenſé que celui qui eſt le plus élevé, qui a la liberté entière de ſe dilater ; & celui qui eſt entre ces deux extrémitez, doit être moins condenſé que celui qui touche la terre, & moins dilaté que celui qui en eſt le plus éloigné.

On peut comprendre à peu près cette différence de condenſation de l'air par l'exemple de pluſieurs éponges qu'on auroit entaſſées les unes ſur les autres : car il eſt évident, que celles qui ſeroient tout au haut, auroient leur étenduë naturelle ; que celles qui ſeroient immédiatement au-deſſous, ſeroient un peu moins dilatées ; & que celles qui ſeroient au-deſſous de toutes les autres, ſeroient très-ſerrées & condenſées. Il eſt encore manifeſte, que ſi on ôtoit toutes celles du deſſus, celles du deſſous reprendroient leur étenduë naturelle par la vertu de reſſort qu'elles ont ; & que ſi on en ôtoit ſeulement une partie, elles ne reprendroient qu'une partie de leur dilatation.

La premiére queſtion qu'on peut faire là-deſſus, eſt de ſçavoir ſi l'air ſe condenſe préciſément ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé, ou ſi cette condenſation ſuit d'autres loix & d'autres proportions. Voici les raiſonnemens que j'ai faits pour ſçavoir ſi la condenſation de l'air ſe fait à proportion des poids dont il eſt preſſé. Sa condenſation ſe fait ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé.

Etant ſuppoſé, comme l'expérience le fait voir que l'air ſe condenſe davantage lorſqu'il eſt chargé d'un plus grand poids ; il s'enſuit néceſſairement, que ſi l'air qui eſt depuis la ſurface de la terre juſqu'à la plus grande hauteur où il ſe termine, devenoit plus léger, ſa partie la plus baſſe ſe dilateroit plus qu'elle n'eſt ; & que s'il devenoit plus peſant, cette même partie ſe condenſeroit davantage. Il faut donc conclure que la condenſation qu'il a proche de la terre, ſe fait ſelon une certaine proportion du poids de l'air ſupérieur dont il eſt preſſé, & qu'en cet état, il fait équilibre par ſon reſſort préciſément à tout le poids de l'air qu'il ſoûtient.

De-là il s'enſuit, que ſi on enferme dans un barométre du mercure avec de l'air, & qu'on faſſe l'expérience du vuide ; le mercure ne demeurera pas dans le tuyau à la hauteur qu'il étoit : car l'air qui y eſt enfermé avant l'expérience, fait équilibre par ſon reſſort au poids de toute l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, de la colomne d'air de même largeur, qui s'étend depuis la ſurface du mercure du vaiſſeau juſqu'au haut de l'atmoſphére, & par conſéquent le mercure qui eſt dans le tuyau ne trouvant rien qui lui faſſe équilibre, il deſcendra : mais il ne deſcendra pas entiérement ; car lorſqu'il deſcend, l'air enfermé dans le tuyau ſe dilate, & par conſéquent ſon reſſort n'eſt plus ſuffiſant pour faire équilibre avec tout le poids de l'air ſupérieur. Il faut

faut donc qu'une partie du mercure demeure dans le tuyau à une hauteur telle que l'air qui eſt enfermé étant dans une condenſation qui lui donne une force de reſſort capable de ſoûtenir ſeulement une partie du poids de l'atmoſphère, le mercure qui demeure dans le tuyau, faſſe équilibre avec le reſte ; & alors il ſe fera équilibre entre le poids de toute cette colomne d'air, & le poids de ce mercure reſté joint avec la force du reſſort de l'air enfermé. Or ſi l'air ſe doit condenſer à proportion des poids dont il eſt chargé ; il faut néceſſairement qu'aiant fait une expérience en laquelle le mercure demeure dans le tuyau à la hauteur de quatorze pouces, l'air qui eſt enfermé dans le reſte du tuyau, ſoit alors dilaté deux fois plus qu'il n'étoit avant l'expérience ; pourvû que dans le même tems les barométres ſans air élévent leur mercure à vingt-huit pouces préciſément.

Pour ſçavoir ſi cette conſéquence étoit véritable, j'en fis l'expérience avec le Sieur *Hubin*, qui eſt très-expert à faire des barométres & des thermométres de pluſieurs ſortes. Nous nous ſervîmes d'un tuyau de quarante pouces, que je fis emplir de mercure juſqu'à vingt-ſept pouces & demi, afin qu'il y eût douze pouces & demi d'air, & qu'étant plongé d'un pouce dans le mercure du vaiſſeau il y eût trente-neuf pouces de reſte, pour contenir quatorze pouces de mercure, & vingt-cinq pouces d'air dilaté au double. Je ne fus point trompé dans mon attente : car le bout du tuyau renverſé étant plongé dans le mercure du vaiſſeau, celui du tuyau deſcendit, & aprés quelques balancemens, il s'arrêta à quatorze pouces de hauteur ; & par conſéquent l'air enfermé qui occupoit alors vingt-cinq pouces, étoit dilaté au double de celui qu'on y avoit enfermé, qui n'occupoit que douze pouces & demi.

Je lui fis faire encore une autre expérience, où il laiſſa vingt-quatre pouces d'air au-deſſus du mercure ; & il deſcendit juſques à ſept pouces, conformément à cette hypothèſe : car ſept pouces de mercure faiſant équilibre au quart du poids de toute l'atmoſphère, les trois quarts qui reſtoient étoient ſoûtenus par le reſſort de l'air enfermé, dont l'étenduë étant alors de trente-deux pouces, elle avoit même raiſon à la premiére étenduë de vingt-quatre pouces, que le poids entier de l'air aux trois quarts du même poids.

Je fis faire encore quelques autres expériences ſemblables, laiſſant plus ou moins d'air dans le même tuyau, ou dans d'autres plus ou moins grands ; & je trouvai toûjours, qu'aprés l'expérience faite, la proportion de l'air dilaté, à l'étenduë de celui qu'on avoit laiſſé au haut du mercure avant l'expérience, étoit la même que celle de vingt-huit pouces de mercure, qui eſt le poids entier de l'atmoſphère, à l'excès de vingt-huit pouces par-deſſus la hauteur où il demeuroit aprés l'expérience ; ce qui fait connoître ſuffiſamment, qu'on peut prendre pour une régle certaine ou loi de la nature, que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt chargé.

Que

Que ſi l'on en veut faire des expériences plus ſenſibles, il faut avoir un tuyau recourbé, dont les deux branches ſoient paralleles, & dont l'une ſoit d'environ huit pieds de hauteur, & l'autre de douze pouces; la grande doit être ouverte au haut, & l'autre ſcellée exactement.

On commencera à verſer un peu de mercure pour remplir le fond où eſt la communication des deux branches, & on ſera en ſorte que le mercure ne ſoit pas plus haut dans l'une que dans l'autre, afin d'être aſſûré que l'air enfermé n'eſt pas plus condenſé ou dilaté que l'air libre.

On verſera enſuite peu à peu du mercure dans le tuyau, prenant garde que le choc ne faſſe entrer de nouvel air avec celui qui eſt enfermé; & on verra, comme je l'ai vû pluſieurs fois, que, lorſque le mercure ſera élevé à quatre pouces dans la petite branche, le mercure ſera dans l'autre quatorze pouces plus haut, c'eſt-à-dire, dix-huit pouces au-deſſus du tuyau de communication; ce qui doit arriver, ſi l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt chargé, puiſque l'air enfermé eſt alors chargé du poids de l'atmoſphére qui eſt égal au poids de vingt-huit pouces de mercure, & encore de celui de quatorze pouces, dont la ſomme 42 pouces eſt à 28 pouces premier poids qui tenoit l'air à douze pouces dans la petite branche, réciproquement comme cette étenduë de douze pouces eſt à l'étenduë reſtante de huit pouces.

Si l'on verſe de nouveau mercure juſqu'à ce qu'il ſoit monté à 6 pouces dans la petite branche, & qu'il n'y reſte que 6 pouces d'air, le mercure ſera dans l'autre branche plus haut de 28 pouces que le haut de ces ſix pouces; ce qui doit arriver ſuivant la même hypothèſe: car alors l'air enfermé ſera chargé de 28 pouces de mercure, & de la peſanteur de l'atmoſphére qui en vaut auſſi 28, dont la ſomme 56 eſt double de 28, comme la première étenduë de 12 pouces d'air eſt double des 6 pouces qui reſtent; & lorſqu'en continuant de verſer du mercure dans la grande branche, il ſera dans la petite à 8 pouces de hauteur, il y aura 56 pouces de mercure au-deſſus, dans la grande branche; ce qui fait encore la même proportion.

Si on veut pouſſer l'expérience plus loin, on pourra verſer encore du mercure, juſqu'à ce que l'air de la petite branche ſoit réduit à 3 pouces; & on verra que dans l'autre branche, le mercure ſera élevé à 84 pouces plus haut, leſquels avec les 28 du poids de l'atmoſphére ſont 112, nombre quadruple de 28, de même que la première étenduë de 12 pouces eſt quadruple de la dernière de 3 pouces.

Pour bien faire ces expériences, il faut que la petite branche ſoit d'une largeur uniforme par-tout; car pour la grande, il n'eſt pas néceſſaire que ſa largeur ſoit préciſément égale en toute ſa longueur.

Par cette régle de la nature, on peut réſoudre pluſieurs problêmes de Phyſique aſſez curieux. Le premier eſt celui-ci.

I. PROBLÈME.

Problêmes qu'on peut réſoudre par ce qu'on vient d'établir.

Etant donnée la hauteur où l'on veut que le mercure demeure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver la quantité de l'air qu'il y faut laiſſer avant l'expérience.

Soit 4 pouces la hauteur donnée du mercure, & ſoit le tuyau de 37 pouces, dont on doit plonger un pouce dans le mercure du vaiſſeau, afin qu'il reſte 36 pouces au-deſſus. Soit ſuppoſé que l'expérience ſoit faite, & que le mercure ſe ſoit mis à 4 pouces de hauteur. Donc il reſtera 32 pouces d'air dilaté. Mais comme 28 pouces, poids entier de l'atmoſphère, eſt à 24, différence de 4 grandeur donnée, & de 28; ainſi 32 eſt à 27 $\frac{3}{7}$. Donc 27 pouces $\frac{3}{7}$ eſt l'étenduë de l'air qu'il faut laiſſer au-deſſus du mercure avant l'expérience, afin qu'après l'expérience, le mercure s'arrête à 4 pouces de hauteur. Si le tuyau eſt de 24 pouces, & qu'on veuille réduire le mercure à 7 pouces, il faut ſuppoſer que le bout ouvert du tuyau ſoit plongé d'un pouce dans le mercure, afin qu'il reſte 23 pouces, dont les 7 pouces de mercure étant ôtés, il reſtera 16 pouces pour l'air dilaté. Et parce que 28 eſt à 21, différence de 7 & de 28, comme 16 eſt à 12; on jugera qu'il faudra mettre dans le tuyau 12 pouces d'air au-deſſus du mercure. On réſoudra de même les autres queſtions ſemblables.

II. PROBLÈME.

Etant donnée la quantité d'air qu'on veut laiſſer au-deſſus du mercure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver à quelle hauteur le mercure ſe mettra après l'expérience.

Cette queſtion ſe peut réſoudre par le calcul de l'Algébre, en cette ſorte: Soit la hauteur du tuyau 25 pouces, & l'étenduë donnée de l'air 9 pouces; on demande, à quelle hauteur le mercure demeurera dans le tuyau après l'expérience? Soit appellée A l'augmentation de l'étenduë de l'air enfermé: & parce que le bout du tuyau doit être plongé d'un pouce dans le mercure du vaiſſeau, & qu'il n'y reſtera que 24 pouces; ſi on appelle $9 + A$ l'étenduë de l'air dilaté, le reſte du tuyau juſques à 24 ſera $15 - A$, qui eſt la grandeur inconnue qu'on cherche. Or, par la régle expliquée ci-deſſus, 28 pouces de mercure doivent avoir un même rapport à la différence qui eſt entre ces 28 pouces, & la hauteur où il doit demeurer dans le tuyau, que l'étenduë de l'air dilaté, c'eſt-à-dire, 9 pouces plus A, à 9 pouces. Donc par converſion de raiſon, $9 + A$ ſera à A, comme 28 à $15 - A$. D'où il s'enſuit, que le produit des extrêmes $9 + A$ & $15 - A$, ſera égal à celui de 28 par A. Donc le premier produit, ſçavoir $135 + 6A - A^2$ ſera égal à $28A$;

&

& ajoûtant A^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre $135+6A$, & $28A+A^2$; & ôtant 6 A de chacune de ces grandeurs, il y aura encore égalité entre A^2+22A & 135, & enfin entre A^2 & $135-22A$; & ſi on joint le quarré de 11 moitié de 22 à 135, la ſomme ſera 256, dont la racine quarrée eſt 16, duquel nombre ôtant les 11 ci-deſſus, le reſte 5 ſera la valeur de l'étenduë qu'on a appellée A, & par conſéquent $15-A$ vaudra 10 pouces, hauteur requiſe où ſe mettra le mercure après l'expérience.

On trouvera de même la hauteur du mercure dans d'autres tuyaux, quelque étenduë d'air qu'on ait laiſſée ſur le mercure avant l'expérience, ſoit que cette étenduë ſe puiſſe exprimer par nombres, ou ſeulement par lignes; & les expériences ſe trouveront conformes à ces raiſonnemens. On peut même réduire en lignes les grandeurs données, & on trouvera aiſément la ligne de la hauteur où ſe mettra le mercure, ſi on ſçait médiocrement les régles de l'Algébre.

III. PROBLÈME.

Etant donnée la hauteur d'un tuyau plein d'air, trouver à quelle profondeur il faudra plonger le bout ouvert dans le mercure du vaiſſeau, afin qu'il monte dans ce tuyau ſitué perpendiculairement à une hauteur donnée poſſible.

Soit le tuyau de 10 pouces uniformément large, & ſoit un pouce la hauteur donnée. Donc l'air du tuyau ſe doit réduire à 9 pouces, puiſque le mercure y doit entrer d'un pouce; & ſuivant les raiſonnemens ci-deſſus, comme 9 eſt à 10, ainſi réciproquement 28 pouces de mercure à 31 pouces $\frac{1}{9}$. Ce qui ſera connoître qu'il faudra que la ſurface du mercure du vaiſſeau ſoit 3 pouces $\frac{1}{9}$ au-deſſus du mercure qui ſera monté dans le tuyau, & par conſéquent qu'il faudra que le bout ouvert ſoit enfoncé de 4 pouces $\frac{1}{9}$ dans le mercure du vaiſſeau; ce qui ſe prouve parce que le poids du mercure de 3 pouces $\frac{1}{9}$ joint au poids de l'atmoſphére, qu'on ſuppoſe égal à celui de 28 pouces de mercure, chargera l'air du tuyau d'un poids de 31 pouces $\frac{1}{9}$: & 31 pouces $\frac{1}{9}$ eſt à 28 réciproquement, comme 10 pouces, étenduë premiére de l'air du tuyau, eſt aux 9 pouces qu'il doit occuper après l'expérience.

On ſe ſervira d'un raiſonnement ſemblable pour trouver à quelle hauteur l'eau montera dans un tuyau vuide fermé par le bout d'en-haut, lorſqu'on le plonge perpendiculairement dans de l'eau, prenant pour le poids de l'atmoſphére, 32 pieds d'eau douce, ou 30 d'eau ſalée, au lieu de 28 pouces de mercure. De-là on jugera que, ſi on deſcend un homme dans la mer ſous une cloche pleine d'air, lorſqu'elle ſera à 30 pieds de profondeur, l'air ſe réduira à la moitié de l'eſpace qu'il occupoit; ce qui n'a pas eté remarqué par quelques-uns qui ont parlé de cette expérience.

Le reſſort de l'air fait le même équilibre qu'étant avec ſon poids.

C'eſt une choſe très-ſurprenante que le reſſort de l'air puiſſe faire le même équilibre, que lorſqu'il eſt joint avec ſon poids; il n'eſt pas difficile d'en faire des expériences, & on peut prouver cet effet en cette manière:

TAB. V. fig. 48. Aïez une bouteille de verre comme ABCD de figure cylindrique, haute de 123 lignes $\frac{1}{2}$, & d'une telle largeur que ſa baſe intérieure ſoit à un cercle d'une ligne de diamétre, comme 1005 eſt à l'unité. Verſez-y du mercure CEFD, juſques à la hauteur d'un pouce, afin qu'il reſte 111 lignes $\frac{1}{2}$ d'air; & y faites entrer un tuyau de verre de 29 ou 30 pouces de hauteur, & d'une ligne de largeur intérieure, ouvert aux deux bouts, dont celui d'en-bas trempe d'environ 4 lignes dans le mercure: ſcellez ce tuyau exactement au cou de la bouteille, de manière que l'air qui eſt en AF n'aïe aucune communication avec l'air extérieur: mettez enſuite cette bouteille & ſon tuyau dans la machine du vuide ſous un recipient de verre ILM d'une grandeur ſuffiſante; je dis que, ſi on peut pomper tout l'air qui eſt ſous le récipient, le mercure deſcendra par la force du reſſort de l'air de la bouteille juſques en NO, ſi NE eſt d'un tiers de ligne, & qu'il s'élévera dans le tuyau juſques à la hauteur de 27 pouces 11 lignes au-deſſus de la ſurface NO. Car, d'autant que l'air ſe condenſe ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé, il doit auſſi ſoûtenir des poids ſelon la proportion réciproque de ſes condenſations: & parce que la baſe du cylindre EO eſt à la baſe du cylindre de mercure, qui eſt dans le tuyau, comme 1005 eſt à l'unité; ſi la hauteur EN eſt d'un tiers de ligne, le cylindre EO ſera égal à un cylindre de 27 pouces 11 lignes de hauteur dans le tuyau, puiſque la hauteur de 27 pouces 11 lignes, c'eſt-à-dire, 335 lignes, eſt à un tiers de ligne, comme 1005 eſt à l'unité. Mais l'etenduë de l'air AN de 112 lignes eſt à l'étenduë AE de 111 lignes $\frac{1}{2}$ réciproquement, comme le poids de 28 pouces de mercure, c'eſt-à-dire, 336 lignes eſt à celui de 335 lignes. D'où il s'enſuit, que le reſſort de l'air AO ſoûtiendra une hauteur de 335 lignes de mercure, comme celui du même air, lorſqu'il n'occupoit que l'eſpace AF, en pouvoit ſoûtenir une hauteur de 336 lignes, ſuivant ce qui a été expliqué ci-deſſus dans les expériences du tuyau recourbé; & par conſéquent, le ſeul reſſort de l'air ſera monter le mercure dans le tuyau juſques à la hauteur de 27 pouces 11 lignes. Il eſt vrai que, comme il demeure toûjours un peu d'air ſous les récipiens dans les machines du vuide, ſon reſſort, quoique foible, diminuera un peu de la force de celui de la bouteille, & pourra réduire l'élévation du mercure dans le tuyau à 27 pouces 6 lignes, ou à 27 pouces 8 lignes, &c; & en ce cas l'air de la bouteille s'étendra un peu moins que d'un tiers de ligne.

De cette proprieté du reſſort de l'air on peut juger que, ſi un baromètre dans un cabinet avoit ſon mercure élevé de 28 pouces, il demeureroit encore à cette hauteur après qu'on auroit fermé le cabinet très-

très-exactement pour empêcher l'air du dehors d'y entrer, & qu'il pourroit même monter plus haut, ſi on échauffoit l'air du cabinet, puiſque la force de ſon reſſort ſeroit augmentée par la chaleur.

On trouvera par de ſemblables raiſonnemens fondés ſur la force du reſſort de l'air, que ſi on enferme une égale quantité d'air au-deſſus du mercure dans des tuyaux de différentes hauteurs, le mercure deſcendra plus bas dans les moins longs; & que, ſi les tuyaux ſont de 35 ou quarante pouces, & qu'on les panche de manière qu'il ne reſte depuis la ſurface du mercure du vaiſſeau, juſques à la hauteur perpendiculaire du bout fermé, que 30 ou 32 pouces, le mercure ne ſera pas ſi élevé au-deſſus de cette ſurface, que lorſque les tuyaux ſeront perpendiculaires.

Ce qui arrive aux larmes de verre ſe fait par l'air; & comment.

Il eſt bon de remarquer ici que l'air eſt une des principales cauſes de l'effet étonnant qui arrive aux larmes de verre, de ſe rompre avec bruit, & de s'écarter en pouſſière, & en petits fragmens, lorſqu'on en rompt ſeulement le petit bout.

On fait ces larmes en faiſant tomber un peu de la matière fondue dont on fait les verres, dans un ſeau plein d'eau froide, & parce que cette matière eſt fort gluante pendant qu'elle eſt rouge, il s'en fait un long filet, par lequel on ſoûtient la larme dans le milieu de l'eau; elle y demeure rouge quelque tems; il y en a qui ſe briſent en ſe refroidiſſant dans l'eau, & d'autres qui demeurent entières. On en ſépare le filet qui eſt hors de l'eau, ſans que le reſte ſe rompe: on peut même ſéparer une partie du crochet, ſi on le fait rougir à la flamme d'une chandelle; mais lorſqu'on rompt ce qui reſte du crochet ſans l'avoir fait recuire, toute la larme ſe briſe avec bruit, & s'écarte en pluſieurs petits fragmens & en pouſſière blanche. Pour expliquer cet effet qui donne de l'admiration à ceux qui le voïent la première fois, il faut conſidérer que le verre prend une trempe dans l'eau comme l'acier, & qu'il en devient plus dur & plus caſſant; ce qui procéde de ce que la froideur de l'eau ſurprenant l'extérieur du verre, le refroidit & le dureit d'abord, pendant que l'intérieur de la larme demeure encore rouge: & parce que cette matière, auſſi-bien que les métaux, eſt d'un plus grand volume étant chaude, qu'étant froide; il arrive néceſſairement, que les parties internes ſe joignant aux externes qui ſont déja affermies, & étant auſſi un peu retenues par celles qui ſont vers le centre, il s'y fait pluſieurs petites interruptions de continuïté, de manière qu'il demeure vers le milieu pluſieurs bulles groſſes & petites, pleines d'un air extrêmement dilaté; ce qu'on reconnoit lorſqu'on amollit au feu ces larmes; car les bulles diminuent peu à peu, & quelques-unes même diſparoiſſent.

Or ces larmes étant très-dures au-dehors on peut battre à coups de marteau la partie épaiſſe ſur du bois ſans que rien ſe rompe; parce que les parties extérieures ſe ſoûtiennent comme une voûte. Mais, ſi on vient à ploïer le bout mince du crochet juſques à ce qu'il ſe rompe,

toutes les parties qui ont été miſes en reſſort par cet effort, retournant avec une très-grande viteſſe en leur première diſpoſition, font une manière de frémiſſement qui fait en très-peu de tems pluſieurs allées & venuës, c'eſt-à-dire, pluſieurs tremblemens, comme ceux des cordes tendues; & par ce moïens ce qui n'étoit que contigu ou peu lié, ſe ſépare & ſe défunit, comme il arrive à du fer blanc, lequel ſe rompt lorſqu'on le ploïe & qu'on le redreſſe trois ou quatre fois de ſuite. Dans ce même tems, l'air du dehors trouvant quelques ouvertures par la ſéparation de quelques parties du verre, s'inſinue avec violence pour remplir les petits vuides des bulles, & fait écarter par cet effort toutes les petites parties de la larme. On voit un ſemblable effet lorſqu'on pompe l'air d'un vaiſſeau de verre quarré; car l'air extérieur le preſſant, & ne trouvant aucune réſiſtance conſidérable dans l'air intérieur dont le reſſort eſt extrêmement affoibli, il rompt les parois du vaiſſeau, & les briſe en pluſieurs petites parties.

Pour juger que cette réduction en pouſſière des larmes de verre & l'écart de cette pouſſière à deux ou trois pieds à la ronde, dépend de ces trois cauſes; ſçavoir, du frémiſſement cauſé par le reſſort, du peu de liaiſon des parties, & de l'irruption de l'air dans les bulles & entre les parties qui ne ſont que contigues comme les pierres d'une voûte: il faut conſidérer les expériences qui ſuivent:

1. Que les larmes qui ſe refroidiſſent dans l'air, n'ont pas la propriété de celles qui ſe refroidiſſent dans l'eau, parce que la matière ſe refroidiſſant peu à peu dans l'air, & demeurant long-tems molle en toutes ſes parties, elles ſe reſſerrent peu à peu, & demeurent parfaitement unies & liées; & s'il y a quelque peu d'air enfermé, il reprend une condenſation qui eſt égale à peu près à celle de l'air du dehors; d'où il arrive que ſi on rompt le bout du crochet, le reſte ne ſe rompt point.

2. Que les larmes qu'on fait recuire juſques à ce qu'elles commencent à s'amollir, font le même effet que celles qui ſe refroidiſſent dans l'air, parce que l'air du dehors trouvant la matière ſouple, la fait rentrer en dedans, & en même tems les bulles s'amoindriſſent, ou bien il ſe fait un petit enfoncement juſqu'au vuide des bulles par où l'air extérieur s'inſinue, & en ce cas elles ne diminuent que de fort peu, & le verre ſe rejoint par-deſſus, comme je l'ai obſervé en quelques larmes recuites; & par ce moïen les parties défunies du verre reprennent une parfaite continuïté.

3. Que lorſqu'on uſe les larmes par le gros bout avec du ſablon d'Eſtampes ou quelqu'autre matière rude ſur une plaque d'acier, elles ne ſe rompent pas quand on ne donne jour qu'aux petites bulles qui ſont près de la ſurface: mais dès qu'on arrive à une groſſe bulle, elles ſe rompent avec un auſſi grand effort que ſi on rompoit le crochet; parce que la rudeſſe du frottement ébranle & fait frémir toutes les parties du verre, & qu'en perçant la bulle il ſe fait quelque petite fraction qui fait reſſort, &

en

en même tems l'air extérieur y fait irruption; ce qui fait briſer & écarter toutes les parties du verre.

4. Que les larmes ſe mettent auſſi en pouſſière dans la machine du vuide lorſqu'on rompt le crochet; & alors il n'y a que deux cauſes de cet effet, ſçavoir le peu de liaiſon des parties & leur frémiſſement cauſé par le reſſort, & en ce cas les fragmens ne doivent s'écarter que fort peu.

5. Que ſi on uſe les larmes avec de la poudre d'Emeri très-fine, mêlée avec de l'huile, on peut percer les groſſes bulles, ſans que les larmes ſe rompent; ce qui procéde de ce que l'air du dehors n'y peut faire d'effort, à cauſe que la partie platte & uſée de la larme, étant jointe exactement à la plaque d'acier, l'huile dont elle eſt enduite, empêche l'air d'y entrer que peu à peu & inſenſiblement. On en voit un exemple dans des plaques de marbre fort unies, qui étant poſées l'une ſur l'autre avec un peu d'huile, ne peuvent être ſeparées que difficilement, à cauſe que l'air ne peut aiſément ſe gliſſer entre-deux.

J'ai obſervé que, ſi on met une épingle dans de groſſes bulles à demi uſées, quelques fois les larmes ſe rompent, & d'autres fois elle ne ſe rompent pas. Il m'eſt arrivé qu'aiant mis trois ou quatre fois une épingle dans une de ces bulles, rien ne ſe rompit; mais un peu de tems après, l'épingle n'y étant plus, la larme ſe rompit ſans que j'y fiſſe le moindre effort. J'attribuai cet effet au grand froid qu'il faiſoit alors, qui gela l'eau que j'y avois miſe pour la nettoïer; ce qui cauſa quelque rupture à une petite épaiſſeur de verre qui couvroit une autre groſſe bulle, & cet effort ébranla les parties, & y fit entrer l'air extérieur.

Il m'eſt arrivé encore, qu'aiant mis trois ou quatre fois une épingle juſques au fond d'une groſſe bulle à demi uſée ſans que rien ſe rompît, j'y en mis une autre plus petite, qui fit tout rompre, & écarter les petits fragmens à plus de trois pieds. Pour juger de ces différens effets, j'uſai encore une larme à demi juſques à ouvrir une groſſe bulle; j'en regardai le fond avec un bon microſcope, & j'y apperçûs trois ou quatre petits intervalles noirs, dont quelques-uns me paroiſſoient comme de petites fentes, le reſte étant fort poli & luiſant: d'où je jugeai, que lorſque l'épingle rencontroit les endroits polis, la larme ne ſe rompoit point; mais que lorſqu'elle rencontroit une petite fente, elle écartoit un peu les parties contigues, & y faiſoit entrer l'air; ce qui cauſoit le briſement de la larme. On peut conclure de ces expériences, que la ſeule introduction de l'air, ou le ſeul frémiſſement, peut rompre les larmes de verre refroidies dans l'eau, & que ces deux cauſes ſe joignent enſemble lorſqu'on rompt les petits crochets.

Les obſervations des hauteurs différentes où le mercure ſe met dans les barométres, nous peuvent donner pluſieurs belles connoiſſances. Celle qui me ſemble la plus conſidérable, eſt de pouvoir connoître fort ſouvent quel eſt le vent qui règne dans l'air, & de prévoir quel tems il doit faire

Belles connoiſſances que donnent les obſer-

vations des hauteurs du mercure dans le baromètre.

faire le lendemain & deux ou trois jours après.

Les barométres ordinaires de verre dont on ſe ſert pour cet effet, ont leurs tuyaux & leurs petits vaiſſeaux d'une ſeule piece; ils ſont ſi communs qu'il n'eſt pas neceſſaire d'en faire ici la deſcription.

J'ai fait quantité de ces obſervations à *Paris* pendant pluſieurs années, & j'en ai fait faire en même tems quelques-unes à *Loches*, au *Mont de Marſan*, à *Dijon*, &c. deſquelles j'ai tiré les maximes ſuivantes:

Lorſqu'un vent de Sud ou de Sud-Oüeſt a ſouflé quelques jours, & qu'il ſurvient un vent de Nord ou de Nord-Eſt; le mercure s'éleve de ſept ou huit lignes plus haut qu'il n'étoit, & ſe met à 28 pouces ou à 28 pouces & quelques lignes, & il fait ordinairement beau tems.

S'il ſurvient un vent de Sud ou de Sud-Oüeſt après un vent d'Eſt, ou d'Eſt-Nord-Eſt, le mercure deſcend juſqu'à 27 pouces 4 lignes, & quelquefois juſques à 27 pouces, ou 26 pouces 10 lignes, & il ſe fait alors ordinairement de grandes pluies. Il arrive quelquefois que le Sud & le Sud-Oüeſt aiant pouſſé beaucoup d'air & de nuées vers les parties du Nord & du Nord-Eſt, il ſe fait un reflux d'air qui fait le Nord ou le Nord-Eſt; ces vents ramènent les nuées, & les preſſant, il ſe fait une pluie continuelle pendant un jour ou deux.

Lorſque les vents du Nord & du Nord-Eſt ceſſent, l'Eſt régne ſouvent enſuite, & le Sud & le Sud-Oüeſt lui ſuccédent.

Explication de certains effets & mutations des vents.

Voici comment on peut expliquer ces effets & ces mutations de vents:

Suppoſant le mouvement de la terre, l'air qui eſt proche de l'équateur, doit ſuivre ſon mouvement, mais un peu moins vîte; & c'eſt de-là que procéde qu'on ſent preſque toûjours un vent d'Eſt en ces quartiers-là. Mais vers les tropiques & à 10 ou 12 degrez au-delà, la ſurface de la terre ne va pas ſi vîte que l'air qui eſt ſous la ligne; & il arrive quelquefois qu'une partie de cet air échauffé va de ce côté-là, & fait un Sud-Oüeſt, ou un Oüeſt, de la même maniére que l'eau d'une riviére qui va fort vîte dans ſon milieu, pouſſe des vagues à côté de part & d'autre, qui ne ſuivent pas ſa direction, mais elles vont obliquement du côté du rivage, & même quelquefois en un ſens oppoſé. Lorſque ces vagues ceſſent, & que les vents du Nord & du Nord-Eſt ont fait leur reflux dans les zones tempérées, il s'y fait ordinairement un vent d'Eſt, parce que n'y aiant point alors d'autre mouvement dans l'air que celui qui ſe fait par le mouvement de la terre, la même choſe doit arriver que vers l'équateur.

Le Sud & le Sud-Oüeſt ſuccédent ordinairement à l'Eſt dans les zones tempérées, & particuliérement en *France*, parce qu'il vient de nouvelles vagues de l'air qui eſt vers l'équateur. Mais cet ordre eſt quelquefois changé, parce qu'il y a d'autres cauſes qui produiſent les vents, dont les principales ſont, les éruptions des exhalaiſons & des vapeurs de la terre, le mouvement de la lune, la condenſation de l'air par le froid, & ſa dilatation par la chaleur, &c.

Le

Le Nord & le Nord-Eſt ſont ordinairement élever le mereure des barométres, non ſeulement parce qu'ils rendent l'air plus peſant en le condenſant, mais auſſi parce qu'en ſouflant contre la terre de haut en bas, & preſſant l'air par ce moïen, ils augmentent ſon reſſort; ce qui fait élever le mercure; & comme le Nord-Eſt amène ordinairement le beau tems en *France*, on juge par cette élévation qu'il doit faire beau tems.

Cette conjecture que le Nord ſouſle de haut en bas, eſt fondée ſur cette expérience que j'ai faite. Je ſuſpens à un fil une boule de plomb d'environ trois pouces de diamétre, & je lui donne un mouvement en rond fort vîte dans un ſeau plein d'eau; alors la pouſſière & les autres ſaletez s'élévent du fond de l'eau vers la boule, ſi elle n'en eſt éloignée que de trois ou quatre pouces, pendant que l'eau qui eſt à l'entour des parties de la boule qui ont le plus grand mouvement, tourne en rond avec elle.

Le Nord-Eſt & l'Eſt-Nord-Eſt amènent le beau tems en *France* par trois cauſes: la premiére eſt, que depuis le Roïaume de la *Chine* juſques en *France*, ils ne paſſent par-deſſus aucunes mers; la ſeconde, que ſouflant de haut en bas ils empêchent le peu de vapeurs qui viennent des terres, de s'élever; & la troiſiéme, que rendant l'air plus condenſé, les vapeurs élevées ne retombent pas ſi facilement ſur les inférieures pour ſe joindre enſemble & former les pluies.

Le vent d'Eſt amène des brouillards, particuliérement en Hiver, & les autres vents fort rarement; ce qui procéde de ce que le vent d'Eſt ne ſe fait pas par un mouvement d'air qui puiſſe diſſiper les vapeurs en haut, ou qui les rabatte contre terre, mais par le ſeul mouvement de la ſurface de la terre, contre un air qui ne va pas ſi vîte; ce qui fait que les vapeurs qui s'étendent joignant la terre, demeurent toûjours à même hauteur, & ſont rencontrées ſucceſſivement par divers endroits de la circonférence de la terre.

Le Sud & le Sud-Oüeſt qui viennent de loin, ſouflent ſelon les tangentes de la terre & ſoulévent l'air ſupérieur, & par conſéquent diminuent le reſſort de l'inférieur; d'où il arrive que le mercure du barométre ſe baiſſe, & alors on peut prognoſtiquer la pluie, particuliérement ſi le vent aiant été Oüeſt retourne immédiatement au Sud ou au Sud-Oüeſt. Mais lorſqu'il retourne de l'Eſt-Nord-Eſt au Nord ou au Nord-Nord-Eſt, c'eſt un ſigne de continuation de beau tems, quand même le mercure baiſſeroit un peu. Les vents en *France* paſſent ordinairement de l'Eſt au Sud & au Sud-Oüeſt, puis à l'Oüeſt, au Nord & au Nord-Eſt, & ils font trés-rarement un tour entier en un ſens contraire.

Il y a deux cauſes principales pourquoi le baiſſement du mereure dans les barométres eſt un ſigne de pluie. La premiére eſt, qu'il deſcend quand l'air eſt moins peſant & moins preſſé, & quand l'air eſt en cet

état, il ne peut plus soûtenir les vapeurs; d'où il arrive que les supérieures tombent sur les inférieures, & font de grosses nuées, qui enfin se réduisent en pluie. La seconde, que le Sud & le Sud-Oüest, qui règnent ordinairement alors, passent par-dessus les mers avant que d'arriver en *France*, & par conséquent ils se chargent de beaucoup de vapeurs.

Lorsque le Nord & le Nord-Est règnent long-tems, le barométre se baisse peu à peu, & le beau tems ne laisse pas de continuer, parce que ces vents amènent peu de vapeurs; & le mercure se baisse, parce que l'air trop pressé s'étend vers le Sud-Oüest, & par conséquent son ressort diminue.

On pourroit mieux déterminer ces choses, si on conferoit ensemble plusieurs observations faites en même tems en des lieux fort éloignés les uns des-autres.

De la forme que prend l'air enfermé dans l'eau.

L'air enfermé dans l'eau en petite quantité y prend une forme sphérique par la force de son ressort, qui pousse l'eau également de tous côtez; ce qu'on voit aisément lorsqu'on laisse tomber une petite balle de plomb, de trois ou quatre pieds de haut, dans l'eau: car l'air qui suit la balle bien avant sous l'eau, revient au-dessus en petites boules rondes; celui qu'on fait sortir peu à peu d'une bouteille plongée dans l'eau s'élève de même en boules rondes assez grosses. D'où il arrive que, si une bouteille pleine d'eau a le goulet moindre que de quatre lignes, il n'en sort point d'eau quand on la renverse perpendiculairement, parce que l'air inférieur ne peut faire entrer des bulles dans l'eau qui n'aient plus de quatre lignes de largeur, & par conséquent elles occupent tout le goulet, & l'eau ne peut sortir; car pour sortir, il faudroit que l'air se divisat en petites parcelles pour monter d'un côté quand l'eau sortiroit de l'autre. Mais quand le goulet est large, l'eau tombe, parce que l'air peut entrer en grosses bulles d'un côté, pendant que l'eau coule de l'autre. Et par la même raison, si on met au fond d'un vaisseau plein d'eau une bouteille pleine d'air, dont le goulet soit seulement de trois ou quatre lignes de largeur, il n'en sortira point d'air, & l'eau n'y entrera point; au lieu que si elle est pleine d'un vin bien purifié & plus léger que l'eau, l'eau entrera, & le vin montera au-dessus de la surface de l'eau: dont la raison est, que le vin & l'eau se divisent facilement en petites parcelles, & que l'eau étant plus pesante que le vin purifié, peut descendre par petites filets dans la petite bouteille, & faire monter le vin de même; mais l'air ne se séparant que difficilement de l'autre air, il ne se met point en petites parcelles pour donner place à l'eau, & il l'empêche de descendre par son ressort. Que si on panche un peu la bouteille, alors l'air en pourra sortir en grosses bulles, parce qu'il pourra se glisser à côté de l'eau, & l'eau y entrera. Lorsque dans un tuyau étroit de verre, il y a de l'air & de l'eau séparés par de petits intervalles, les extrémitez des parcelles de l'air sont convexes, & font des enfoncemens dans celles de l'eau: & c'est par cette raison que les tuyaux étroits

étroits où l'eau monte à une hauteur conſidérable par-deſſus ſon niveau, comme de 15 ou de 16 lignes, étant plongés dans l'eau en ſorte qu'ils ne paſſent que de trois ou quatre lignes au-deſſus; celle qui eſt au haut du tuyau ne laiſſe pas d'avoir un petit enfoncement concave.

Troiſième propriété de l'air qui eſt de s'inſinuer & ſe diſſoudre dans l'eau & pluſieurs liqueurs.

La troiſième propriété de l'air eſt, qu'il s'inſinue & ſe diſſoud en quelque façon dans l'eau & dans pluſieurs autres liqueurs; ce qu'on connoit par l'expérience ſuivante, que j'ai faite pluſieurs fois avec grand ſoin.

Je fais bouillir de l'eau environ une heure, & après qu'elle eſt refroidie, j'en emplis une phiole dont la pomme eſt fort ronde; je la ferme avec le doigt, & après y avoir laiſſé entrer de l'air de la groſſeur d'une noiſette, je la renverſe, & j'en fais tremper le bout dans un verre où il y a de l'eau: j'ai toûjours remarqué, que dans trois ou quatre jours cet air étoit preſque entiérement entré dans l'eau, mais que le reſte y entroit bien plus difficilement à proportion, & qu'il y en avoit encore un peu de reſte ſept ou huit jours après. J'ai fait pluſieurs ſemblables expériences avec des bulles d'air plus petites; voici les dernières: Je laiſſai une bulle d'air de quatre lignes de diamétre au haut de la bouteille renverſée; le jour ſuivant elle fut réduite à deux lignes deux tiers; l'autre jour, à une ligne & demi; & le matin du jour ſuivant, il n'y en eut plus du tout: tellement que le premier jour il s'en perdit preſque les ſept huitiémes, le ſecond jour les trois quarts du reſte, & le troiſième le reſte ſe perdit, qui étoit environ un ſeiziéme de toute la bulle. Ce même jour j'y remis une bulle de trois lignes & demi de diamétre; elle ſe perdit dans le même eſpace de tems, & à peu près dans les mêmes proportions jour par jour, c'eſt-à-dire, que le premier jour il s'en perdit plus des trois quarts; il en reſta pourtant un peu après les trois jours environ comme la groſſeur d'une ſemence de perle: j'y en remis une autre de trois lignes & demi de diamétre, qui ne ſe joignit point à cette petite, laquelle diſparut le lendemain; mais celle de trois lignes & demi entra dans l'eau dans un intervalle de trois jours comme auparavant: j'en remis encore une de quatre lignes de diamétre; & trois jours après, cet air fut encore abſorbé par l'eau, à la réſerve d'une petite bulle un peu moindre que d'une ligne de diamétre. Ce reſte d'air non diſſous paroît toûjours un peu différent de l'autre air; car il s'attache au verre, & ne change pas ſi facilement de place quand on panche la bouteille.

J'y mis encore une autre bulle de 4 lignes de diamétre, & il falut ſix jours entiers pour la faire diſſoudre entiérement. J'y en remis encore une ſemblable, qui diſparut le neuviéme jour. Et enfin, y en aiant mis encore une autre de pareille groſſeur à peu près; il y avoit encore le douziéme jour une bulle de deux lignes & demi de diamétre, & le vingtiéme une de deux lignes. Ce qui fait voir que, comme le ſel ſe diſſoud plus facilement dans l'eau où il n'y en a point encore, que lorſqu'il y en a déja du diſſous, l'air ſe diſſoud auſſi plus facilement dans de l'eau, d'où la matiére aérienne a été chaſſée par la chaleur, & que ce qui

reſte de l'air, s'inſinue plus difficilement dans l'eau, que lorſqu'il y eſt mis fraîchement; car comparant le volume de ces goutes d'air, il s'en étoit diſſous en douze jours les trois quarts, & dans les huit jours ſuivans, un huitième ſeulement.

Cauſes qui produiſent cet effet.

Cet effet ſe fait apparemment par deux cauſes. La première eſt le preſſement de l'air de l'atmoſphére, qui pouvant élever l'eau de la bouteille juſqu'à trente-deux pieds, preſſe la petite bulle; ce qui lui aide à s'inſinuer dans l'eau. La ſeconde eſt une diſpoſition qui eſt en l'eau à diſſoudre de certains corps, comme les ſels, juſques à une certaine quantité; laquelle diſpoſition peut auſſi s'étendre à diſſoudre & à abſorber une certaine portion d'air, & non davantage.

Par les mêmes raiſons, l'air qui eſt contigu à la ſurface d'une riviére ou d'un étang, s'y peut inſinuer, étant preſſé par le poids de l'air ſupérieur; d'où il s'enſuit que dans toutes ſortes d'eaux il y a un peu d'air melé. J'ai obſervé que, ſi on met une petite bulle d'air de deux ou trois lignes dans une phiole de verre pleine d'eau de riviére non bouillie, il faut plus de quinze jours pour la faire entrer entiérement dans l'eau.

Si on fait la même expérience avec de l'huile qu'on aura tenue ſur le feu juſques à ce qu'elle ne faſſe plus de bruit ni d'écume, la bulle d'air n'entrera pas dans l'huile qu'on aura miſe dans la bouteille, & demeurera ſenſiblement pluſieurs jours dans ſa même étenduë.

Etenduë & nature de l'air mêlé & diſſous dans l'eau.

Il ne faut pas croire que l'air diſſous & mélé dans l'eau y conſerve une étenduë égale à celle de celui que nous reſpirons; car il y eſt beaucoup plus condenſé, & en cet état il ne doit pas être appellé air, mais matiére aërienne. Je prouve cet effet par les expériences ſuivantes:

Je prens un petit vaiſſeau de verre de la figure d'un dé à coudre, mais un peu plus grand: je fais bouillir de l'huile dans un petit vaiſſeau juſqu'à ce qu'elle fume bien fort, ſans faire de bruit ni d'écume, & l'aiant laiſſé refroidir, j'y couche de travers le petit verre, en ſorte que l'huile paſſe environ deux ou trois lignes au-deſſus: enſuite je dreſſe ce petit verre, ſans qu'il y entre de l'air mettant le bout fermé vers le haut, & il demeure plein d'huile, quoiqu'il paſſe d'environ la moitié de ſa hauteur au-deſſus de la ſurface de l'huile du petit vaiſſeau: je mets une chandelle allumée au-deſſous vis-à-vis du petit verre, & cette chandelle échauffant l'huile, en fait ſortir de petites fumées qui font un peu créper & rider ſa ſurface en divers endroits; ce qu'on connoit par la réflexion des objets qui paroiſſent ondoïans; mais on ne voit point ſortir d'air, & on n'en voit point auſſi paroître au haut du petit verre, encore même que l'huile ſoit beaucoup échauffée.

Après quelque tems, je laiſſe refroidir l'huile, & j'y mets avec le bout d'une paille une goute d'eau; mais il faut beaucoup d'adreſſe pour la faire aller au fond; car ſi on la poſoit ſur l'huile, elle nageroit au-deſſus: on peut la mettre dans une cueillére & la couvrir d'huile, la verſer doucement

cement contre le fond du vaiſſeau, & après qu'elle ſera coulée juſques vers le milieu, on la couvrira avec le petit verre qui doit toûjours demeurer plein d'huile: enſuite on remet la chandelle ſous l'endroit où eſt la goute d'eau, & peu de tems après on voit ſortir de petites bulles d'air de cette goute d'eau qui s'élévent au haut du petit verre, & dans moins de cinq ou ſix minutes, on l'en voit rempli à moitié; je laiſſe refroidir l'huile, & cet air étant refroidi contient huit ou dix fois plus d'eſpace que la goute d'eau dont il eſt ſorti: d'où je tire une conſéquence, que cet air n'étoit pas ſelon cette dilatation dans la goute d'eau, mais qu'il y occupoit beaucoup moins de place. Et on ne peut pas dire qu'une partie de cet air ſorte de l'huile, puiſqu'avant que d'y mettre la goute d'eau, il n'en montoit point dans le petit verre, & aſſûrément il demeure encore quelque peu de cette matière aërienne dans la goute d'eau, mais il faut beaucoup de tems pour la diſpoſer à reprendre ſa conſiſtence d'air. Il y a ordinairement dans l'huile quelque peu de cette matière, à cauſe de l'eau qui y eſt mêlée; car on ne peut par aucune diſtillation purger entièrement l'huile de l'eau qui y eſt, & on y en trouve encore quelques goutes après l'avoir diſtillée plus de vingt fois. J'ai fait mettre dans la machine du vuide, de l'huile qui avoit été ſur le feu juſqu'à ne plus faire de bruit, & après qu'on eût très-bien vuidé l'air du récipient, il ſortit ſeulement quelques petites bulles de cette huile; mais l'aiant enſuite laiſſé geler (car c'étoit en Hiver) je la fis fondre auprès du feu, & l'aiant remiſe dans l'expérience du vuide, il n'en ſortit aucunes bulles: d'où je jugeai que cette huile n'avoit plus de matière aërienne, ou que s'il y en avoit quelque peu, elle n'étoit pas diſpoſée à reprendre ſa conſiſtence d'air, & par conſéquent que l'air qui dans l'expérience ci-deſſus monte dans le petit verre, ſort de la goute d'eau & non de l'huile; & qu'ainſi on peut être convaincu que l'air y eſt extrêmement condenſé, & y tient peu de place, mais il eſt difficile de ſçavoir comment ſe fait cette condenſation.

Pendant ces dernières expériences, il faut ôter quelquefois la chandelle, parce que l'eau s'échaufferoit trop ſi on la laiſſoit deſſous continuellement; & j'ai remarqué, que ſi on donne le feu un peu trop fort, il ſe fait de tems en tems de petites ſulminations qui ſoulévent le petit verre, & le mettent en danger de ſe renverſer. Or la matière qui fait ces ſulminations, eſt dans la goute d'eau, puiſque l'huile ſeule n'en donnoit point, & elle eſt apparemment différente de celle qui produit l'air peu à peu: car quoiqu'elle écarte preſque toute l'huile du petit verre, & qu'elle occupe pendant un moment la plûpart de ſa capacité, incontinent après elle ſe réduit comme à rien, & n'augmente pas ſenſiblement la quantité de l'air qui eſt déja au haut du petit verre; & par conſéquent c'eſt une matière qui ſe dilate beaucoup plus que l'air, lorſqu'elle a atteint un certain degré de chaleur, mais elle ne ſe dilate point à une médiocre chaleur, & ce peut être quelque choſe de ſemblable à ce

qui eſt dans le ſel de tartre, & dans le ſalpêtre qui fait fulminer ces matières, lorſqu'étant bien mêlées avec du ſoufre, on les laiſſe échauffer peu à peu; car ce mêlange arrive enfin à un dégré de chaleur tel que ſe dilatant étrangement tout à coup, tout le compoſé ſe diſſipe & fait un bruit qui bleſſe l'ouïe.

Je reconnois encore cette matière fulminante dans l'eau par une autre expérience. Je mets un petit entonnoir de verre à goulet court dans un grand vaiſſeau plein d'eau, en ſorte que le goulet de l'entonnoir, étant en haut, ſoit couvert d'environ un pouce de hauteur: j'emplis un long matras d'eau, & aiant fait tremper le bout du cou dans l'eau du vaiſſeau, j'y introduis le goulet de l'entonnoir; & je l'y tiens affermi, en ſorte que la bouteille renverſée demeure toute pleine d'eau ſans qu'elle ſoit en danger de tomber: je poſe le vaiſſeau ſur un fourneau, & je lui donne une chaleur médiocre; alors on voit, dès que l'eau eſt médiocrement échauffée, des bulles d'air ſe former ſous l'entonnoir, & monter les unes après les autres dans le cou de la bouteille, & aller tout au haut, & faire deſcendre l'eau qui y eſt: mais cela ne continue pas plus d'un quart d'heure; car la matière aërienne étant preſque épuiſée, ou du moins celle qui y demeure, n'étant pas encore diſpoſée à reprendre ſa dilatation & ſon reſſort, il s'en éléve très-peu, encore qu'on faſſe chauffer l'eau davantage, ou qu'on la faſſe bouillir plus fort; mais de tems en tems il ſe fait des fulminations qui empliſſent tout à coup preſque tout le cou du matras, & chaſſent l'eau en haut, ſans que l'air qui eſt déja dans la pomme du matras, en ſoit ſenſiblement augmenté: d'où l'on peut juger que cette matière fulminante procéde des ſels qui ſont diſſous dans l'eau, & n'eſt pas la même que celle qui ſe dilate à une médiocre chaleur, & qui a toutes les propriétez de l'air; & c'eſt apparemment cette matière qui cauſe la continuation du bouillonnement de l'eau ſur un grand feu, juſqu'à ce qu'elle ſoit toute évaporée. Quelques Philoſophes croïent que ce qui fait le bouillonnement de l'eau, procéde du feu, qui fait paſſer des eſprits qu'ils appellent ignées, au travers des vaiſſeaux qui contiennent l'eau. Mais, ſi on conſidére que le feu n'a point d'autres eſprits que ceux de l'huile & des autres matières inflammables, & qu'il n'y a aucune vrai-ſemblance qu'il entre quelques particules d'huile ou de ſalpêtre, &c. dans l'eau, lorſqu'on la fait bouillir dans une bouteille de verre, puiſque cette eau conſerve ſa netteté; on ne fera point de difficulté de prendre cette opinion pour une erreur groſſière. On ne peut pas dire auſſi que ce qui fait bouillir l'eau, ſoit quelque ſubtile exhalaiſon de la matière des vaiſſeaux, puiſque lorſqu'on met au haut de l'huile une goute d'eau, elle jette de l'air & de la matière fulminante, quand elle eſt échauffée, auſſi-bien que celle qui eſt au fond du vaiſſeau.

Des cauſes par leſquel-

La matière aërienne diſſoute & condenſée dans l'eau en peut ſortir, & ſe remettre en air par trois cauſes différentes.

La

La première eſt par la chaleur, lorſque l'eau commence à bouillir: car ce premier mouvement de l'eau procéde de la matière aërienne qui ſe dilate & ſe remet en véritable air, & qui repouſſe l'eau en s'élevant; mais les grands bouillonnemens qui continuent juſqu'à ce qu'il n'y ait plus d'eau dans les vaiſſeaux qui ſont ſur le feu, procédent de la matière fulminante & du reſte de la matière aërienne, qui ne ſe diſpoſe que ſucceſſivement à reprendre ſa conſiſtence d'air, encore même que la chaleur ſoit beaucoup augmentée. Il arrive auſſi une reſtitution de cette matière en air, lorſque les particules de deux liqueurs melées enſemble ſe mettent en mouvement, & font une grande efferveſcence, comme quand on verſe de l'huile de tartre ſur de l'eſprit de ſalpêtre; car le mouvement violent que les particules de ces corps ſont en s'uniſſant enſemble, diſpoſe la matière aërienne qui y eſt melée, à reprendre ſa conſiſtence d'air, à cauſe que la matière fulminante que ces ſels contiennent, ſe dilatant extrêmement par ce melange, fait dilater auſſi en même tems la matière aërienne; & la dilatation de ces deux matières fait l'efferveſcence qu'on apperçoit dans ces expériences. Il n'eſt pas néceſſaire qu'il s'excite une chaleur ſenſible dans ces liqueurs, mais ſeulement un mouvement capable de mettre en dilatation la matière fulminante, & diſpoſer la matière aërienne à reprendre ſa conſiſtence d'air.

Les la matière aërienne diſſoute & condenſée dans l'eau peut en ſortir & ſe remettre en air. Premiére cauſe.

La ſeconde cauſe qui fait que la matière aërienne ſe remet en air, eſt lorſqu'on affoiblit le reſſort de l'air qui preſſe l'eau dans laquelle cette matière eſt engagée, comme on le voit dans l'expérience du vuide: car d'abord que l'air qui eſt dans le récipient, eſt diminué de moitié, & par conſéquent que le preſſement de ſon reſſort eſt affoibli de moitié; il commence à s'élever des bulles d'air de l'eau qui eſt ſous le récipient, de même que ſi on mettoit du feu deſſous. Cette expérience fait voir manifeſtement que ces bulles ne procédent pas des eſprits ignées, ou de la matière des vaiſſeaux. Seconde cauſe.

Lorſqu'on continue à tirer l'air du récipient, il ſort un plus grand nombre de ces bulles, juſqu'à ce que la matière aërienne en ſoit dehors. Que ſi on joint ces deux cauſes enſemble, c'eſt-à-dire, ſi l'eau eſt chaude dans le tems qu'on pompe l'air; elle jettera deux ou trois fois autant de bulles dans le vuide, & ſouvent elle boût plus fort que ſi elle étoit ſur un grand feu, quoiqu'elle ne ſoit que tiéde.

Le même effet arrive à l'eſprit de vin: car encore qu'on ne l'ait point échauffé, la matière aërienne qui y eſt engagée auſſi-bien que dans l'eau, ſe dilate d'abord, & fait jaillir l'eſprit de vin par-deſſus les bords du verre: mais cette matière eſt bien-tôt épuiſée dans l'eſprit de vin, parce qu'elle s'en dégage trés-facilement, & en ſort d'abord en grande abondance; au lieu qu'elle continue long-tems dans l'eau. Mais auſſi, ſi on emplit une petite bouteille de cet eſprit de vin dont la matière aërienne eſt ſortie, & qu'on plonge le goulet dans de l'eau, ou dans d'autre eſprit de vin, laiſſant une bulle d'air groſſe comme le bout du doigt

doigt au haut de la bouteille renverſée; elle ſera ſuccée par l'eſprit de vin en moins de trois heures : & ſi on y met encore une bulle d'air nouveau d'une pareille groſſeur, elle y entrera encore en peu de tems; au lieu que dans l'eau cet effet ſe fait bien plus lentement, comme il a été dit ci-deſſus.

Troiſiéme cauſe.

La troiſiéme cauſe du retour de la matière aërienne en air, procéde de la gelée : car les particules de l'eau s'accrochant alors les unes aux autres, cette matière qui ne peut s'y joindre & ſe geler, s'en ſépare, & ceſſant d'etre diſſoute dans l'eau, elle reprend ſa première conſiſtence d'air; de même que le ſel diſſous dans l'eau ſe remet en ſel lorſqu'on y verſe beaucoup d'eſprit de vin, qui empéche l'action de l'eau ſur le ſel.

On voit le commencement & le progrès de cette ſéparation & de ce changement en air, lorſqu'on expoſe un verre plein d'eau à la gelée: car on y voit naître une très-grande quantité de petites bulles d'air, comme je l'ai expliqué dans le *Journal des Sçavans*; & l'effet que produit cet air, fait connoître manifeſtement que la matière aërienne eſt beaucoup plus condenſée dans l'eau, qu'elle n'eſt après s'etre ſéparée de l'eau, puiſqu'aiant repris la conſiſtence d'air, elle fait fendre la glace & les vaiſſeaux qui la contiennent, par la force de ſon reſſort. J'en ai vû une expérience ſurprenante dans l'Aſſemblée de l'Académie des Sciences, dans un canon de mouſquet d'environ deux pieds de longueur, culaſſé par les deux bouts; car l'eau qu'on y avoit miſe pour ſe geler, ſe ſéparant de la matiere aërienne, & cette matière reprenant ſa conſiſtence d'air, & ne trouvant aucune iſſuë pour ſortir, ni de place pour s'étendre, avoit crevé le canon, quoiqu'il eût plus de quatre lignes d'épaiſſeur. L'eau qui ſe géle dans un verre, ne peut pas faire un ſi grand effort, parce qu'à meſure que la matière aërienne ſe dilate en air, une partie de cet air s'éléve au-deſſus de l'eau, & paſſe par une petite ouverture qui demeure en la ſurface ſupérieure de la glace; & l'autre partie qui s'attache en petites bulles contre le verre ou contre la glace, fait ſortir par la même ouverture une partie de l'eau, qui ſe repand ſur la glace qui eſt formée à l'entour: ce qui ſe reconnoit par l'élévation de la glace, proche de cette ouverture; mais dans le canon la matière aërienne y étant demeurée toute entière & toute l'eau auſſi, l'effort devoit être beaucoup plus grand.

C'eſt par cette raiſon que le verglas fait fendre les arbres: car l'intérieur des arbres ſe gelant, & la matière aërienne ſe dilatant en air, & ne trouvant point d'iſſuë à cauſe du verglas qui environne leurs tiges, enfin ſon reſſort tout ſeul, ou joint à celui de la matière fulminante, les fait fendre avec un grand bruit, comme ſi on avoit allumé au dedans de la poudre à canon.

De l'explication de la dilatation & de la condenſation de l'air.

Cette propriété qu'a l'air de ſe dilater & de ſe condenſer, eſt très-difficile à expliquer; & c'eſt l'une de ces matières que l'eſprit humain ne peut bien concevoir.

Quel-

Quelques-uns croïent avoir bien rencontré, quand ils diſent que la raréfaction n'eſt autre choſe qu'une ſéparation des particules qui compoſent les corps: ainſi ils diſent que le vin eſt raréfié, lorſqu'on y méle de l'eau, parce que l'eau ſe gliſſant entre les particules du vin, les ſépare les unes des autres; & par la même raiſon ils ſoûtiennent, que de la cendre qu'on tient en la main, & qu'on jette à travers une chambre, eſt raréfiée, & qu'il n'y a point d'autre raréfaction dans la nature. Il n'y a rien de ſi aiſé à concevoir que cette raréfaction: mais étant priſe en ce ſens, elle ne pourroit faire aucun effet conſidérable, & celle de l'air & de la poudre enflammée en fait de trés-violens, & qu'on ne peut bien expliquer par une ſimple ſéparation de leurs particules, quelque mouvement qu'on leur puiſſe donner; ce qui ſe prouve par le calcul en cette ſorte:

Qu'elle ne vient pas de la ſéparation des particules qui le compoſent.

Preuve de cela par les effets de l'air & de la poudre enflammée.

Suppoſons qu'on ait mis 20 livres de poudre à canon ſous une voûte, en 20 petits ſacs ſuſpendus; que les murailles qui ſoûtiennent la voûte, ſoient trés-épaiſſes; mais qu'il n'y ait aucun poids ſur la voûte que les ſeules pierres dont elle eſt conſtruite; & qu'il y en ait ſeulement 54, dont chacune péſe 500 livres: ſi on allume cette poudre, les pierres qui compoſent la voûte, ſeront forcées, & quelques-unes s'éléveront à plus de 20 pieds. Or je dis que les particules de la poudre enflammée qui choquent ces pierres, ne peuvent donner à chacune d'elles une telle élévation par la force de leur choc: car ces 20 livres étant pouſſées en circonférence, il n'y aura que la ſixiéme partie, ſçavoir environ 54 onces, qui choquera la voûte, le reſte étant pouſſé vers le pavé qui eſt au-deſſous de la voûte, & vers les quatre murailles qui la ſoûtiennent; & par cette raiſon chaque pierre de 500 livres ne ſera choquée que par une once ou environ de ces particules. Suppoſons encore que ces particules aient un mouvement auſſi vîte que celui d'un boulet qui ſort d'un canon, & qui pourroit s'élever perpendiculairement à 3000 pieds de hauteur: donc ces particules iroient d'une viteſſe à s'élever à 3 mille pieds, c'eſt-à-dire, à 36000 pouces, ou à 432000 lignes. Mais 500 livres ſont 8000 onces; & ſuivant les régles de la percuſſion, ſi la viteſſe de l'once de poudre qui choque la pierre de 500 livres, eſt exprimée par 8001 degrez, elle ne donnera qu'un degré de viteſſe à cette pierre par ſon choc. Mais parce que les élévations des poids à des hauteurs différentes ſe font ſelon les quarrez des viteſſes, & que le quarré de 8001 eſt 64016001; il s'enſuit que la pierre ne devroit s'élever qu'à la hauteur d'environ $\frac{1}{14}$ de ligne, puiſque 64016001 à même raiſon à l'unité, que 432000 lignes à $\frac{1}{14}$ de ligne à peu près. Donc cette élévation ſeroit inſenſible; ce qui répugne à l'expérience.

D'ailleurs, ſi l'effort de la poudre ſe faiſoit par le choc de ſa matière, les pierres paroîtroient briſées & rompues en pluſieurs endroits dans les murs qui demeurent debout; ce qui ne ſe remarque point. Lorſqu'on emplit de blé ou de pois mouillés un pot de terre étroit au haut, &

qu'on le met dans un four bien chaud, il ne ſe fait aucun choc, puiſque l'eau ne s'inſinue que peu à peu dans les pores de ces ſemences; & cependant elles font briſer le pot en s'enflant peu à peu. D'où il ſuit, que les effets des mines ſe font par le ſeul reſſort; c'eſt-à-dire, que quand la flamme de la poudre eſt diſpoſée à occuper beaucoup plus de place que n'en contient la chambre où elle s'allume, elle s'appuie de toutes parts contre les parois; & enfin la voute étant la plus foible partie, les pierres en ſont élevées avec grande force par l'acceleration du mouvement cauſée par la dilatation ſucceſſive de cette poudre allumée.

Il y a beaucoup de Philoſophes modernes qui attribuent les violens effets de la poudre à canon à une pouſſière très-fine & très-menue, qu'ils appellent matière ſubtile, qui ſe meut inceſſamment avec une très-grande rapidité, & qui paſſe facilement par les pores des corps les plus durs. Mais cette hypotheſe ne paroît pas bien concertée: car ce qui paſſe facilement à travers les pores, ne peut faire qu'une légère impulſion; & s'ils diſent que cette pouſſiere ne peut paſſer à travers la flamme du ſalpetre, il eſt evident que c'eſt une pure pétition de principe, & qu'il n'y a aucune apparence que la flamme de la poudre n'ait pas des pores auſſi grands que l'acier, le marbre, l'eau, &c. Mais, quand on leur accorderoit cette ſuppoſition, ils n'en pourroient rien conclure de vraiſemblable, puiſque le cours de cette pouſſiere menue pourroit enfiler un canon en un ſens contraire à la direction de la balle, & en ce cas elle emporteroit la culaſſe du canon, la balle demeurant immobile. Que s'ils diſent que cette pouſſière ſe ment en tous ſens; on peut répondre que dans un tel mouvement elle ne ſeroit rien mouvoir: car pluſieurs particules ſe rencontrant directement, elles ſe réfléchiroient, mais elles en rencontreroient d'autres qui les repouſſeroient encore, & ainſi à l'infini; ce qui les empecheroit de faire aucun effet conſidérable. Ainſi il arrive ſouvent qu'il ſe fait un grand calme quand deux vents contraires ſe rencontrent avec une même force. Et je ne puis concevoir comme quoi cette pouſſiere pourroit ſe diſpoſer pour produire l'effet qui arriveroit ſi le feu ſe mettoit en un tas de 100 milliers de poudre: car il y auroit autant de petits jets de cette matière ſubtile qui ſe porteroient vers le milieu de la poudre, que de ce milieu vers la circonférence; & par cette raiſon la flamme ne prendroit aucun mouvement ſenſible: au lieu qu'une telle quantité de poudre allumée renverſeroit toutes les maiſons d'une ville, & étendroit ſa violence juſques à plus de deux ou trois lieuës. A quoi on peut ajoûter, que puiſque des goutes d'eau tombant continuellement creuſent les pierres les plus dures, il y a long-tems que tous les corps ſolides ſeroient réduits en atomes par le choc d'une matière dure qui ſeroit mûe inceſſamment avec une rapidité inconcevable.

De toutes ces raiſons & de pluſieurs autres qui ſe préſentent facilement à la penſée, on peut conclure qu'il n'y a point de telle pouſſière,

ni

ni dans le globe de la terre, ni dans l'eau, ni dans l'air. Auſſi n'eſt-elle nullement néceſſaire pour les effets naturels: car, par exemple, pour expliquer pourquoi les parties de l'eau ſont perpétuellement agitées, il n'eſt pas beſoin de recourir à cette matière ſubtile, puiſque les vapeurs qui s'élévent perpétuellement de l'eau, ſont plus que ſuffiſantes pour lui donner cette agitation en la traverſant. On dira de même à l'égard de pluſieurs autres effets naturels. Comme pour empêcher qu'il ne ſe faſſe des vuides conſidérables entre les corps terreſtres, la propriété de la matière aërienne de ſe remettre en air lorſqu'elle n'eſt plus preſſée par le poids de l'atmoſphére ou par celui de quelqu'autre corps, eſt plus que ſuffiſante: car lorſqu'on fait l'expérience du barométre ſans y mettre de l'air, & que le mercure s'étant mis à 27 ou 28 pouces, il demeure 7 ou 8 pouces de vuide dans le tuyau, s'il eſt de 35 ou de 36 pouces; la matière aërienne qui eſt dans le mercure reprend ſa conſiſtence d'air, & s'éléve dans cet eſpace, qui autrement demeureroit vuide, & s'y dilatant extrêmement par la vertu de ſon reſſort, elle remplit tout l'eſpace d'où le mercure eſt tombé.

Cette hypothéſe ſe confirme lorſqu'on réïtére pluſieurs fois la même expérience avec le même mercure, ou avec d'autre qu'on a laiſſé longtems dans la machine du vuide. Car enfin ce mercure ſe purge entiérement de la matière aërienne, ou du moins celle qui reſte, n'eſt pas encore diſpoſée à ſe remettre en air: & alors, ſi on emplit de ce mercure un tuyau de 40 ou 50 pouces de hauteur, & qu'on mette ſi exactement le doigt ſur le bout ouvert, qu'il ne demeure point du tout d'air dans le tuyau, & qu'on faſſe l'expérience bien doucement; le mercure ne quittera point le haut du tuyau, quoiqu'on ôte le doigt, mais il demeurera entiérement ſuſpendu; ce qui n'arriveroit point, s'il y avoit de la matière ſubtile qui pût ſe couler entre-deux.

J'attribue cet effet à la contiguïté naturelle de tous les corps, & à la loi ou régle de la nature, par laquelle les corps contigus ne ſe ſéparent point, ou réſiſtent à être ſéparés, ſi quelqu'autre corps ne ſe gliſſe entre-deux. Et parce qu'alors la matière aërienne eſt épuiſée, & qu'il n'y a point d'autre air ou d'autre matière qui puiſſe ſe mettre entre le haut du tuyau, & le mercure; il ne deſcend point: il eſt vrai que, ſi on donne un grand coup contre le tuyau, le mercure tombe, parce que quelques particules de la matière aërienne qui n'étoient pas encore diſpoſées à ſe mettre en air, s'y diſpoſent par le choc; comme les parties inflammables d'une pierre à feu ſe mettent en feu, lorſqu'on les briſe par le choc d'une autre pierre ſemblable, ou de quelqu'autre corps fort dur.

On voit cela manifeſtement, lorſqu'on met ſous un récipient dans la machine du vuide, un verre où il y ait un peu d'eau dans laquelle ſoit plongé le bout du goulet d'un petit matras rempli entiérement d'une eau bien purgée de la matière aërienne: car on pompe l'air fort long-tems,

ſans que l'eau quitte le haut de la pomme du matras, & elle ne tombe point, juſqu'à ce qu'enfin il s'y forme quelques petites bulles d'air qui montant au haut du matras ſe mettent entre le verre & l'eau; ce ſqui fait qu'elle commence à deſcendre; mais s'il ne monte point de bulles vers le haut du matras, l'eau ne deſcend point.

Que ſi on choque rudement la machine, & qu'on faſſe choquer par ce moïen un peu rudement l'eau du verre contre le cou du matras, on voit comme de petites étincelles ou parcelles d'air en ſortir; mais l'eau ne tombe point s'il ne ſe fait quelques bulles dans l'intérieur du matras qui puiſſent monter juſques au haut, & ſe mettre entre l'eau & le verre pour les déſunir.

C'eſt par ce même mouvement de contiguïté ou inſéparabilité, que deux piéces de marbre planes & bien polies, étant jointes, ne peuvent être ſéparées qu'avec un grand effort. On attribue cet effet au preſſement de l'air: mais il ſe fait également bien dans la machine du vuide, où le reſſort de l'air eſt très-foible; car s'il faut trois livres de poids pour faire cette ſéparation dans l'air libre, il en faut auſſi trois dans le vuide, comme on l'a vû par pluſieurs expériences; & les ſiphons, ſoit avec de l'eau, ſoit avec du mercure, font le même effet dans le vuide que dans l'air, pourvû qu'ils ſoient bien purgés de la matière aërienne.

Lorſque dans les expériences de la machine du vuide, l'air du récipient eſt preſque entiérement pompé; les bulles d'air qui ſe forment au bas d'un verre plein d'eau, ſe groſſiſſent démeſurément en montant à la ſurface de l'eau; ce qu'on peut expliquer en cette ſorte:

Lorſqu'au commencement de l'évacuation de l'air dans le récipient il s'éléve des bulles de l'eau du verre, le reſſort de l'air étant encore équivalent au poids de 12 ou 15 pieds d'eau, le poids d'un peu d'eau de 3 ou 4 pouces de haut qui eſt dans le verre, n'eſt pas beaucoup conſidérable, & ainſi les goutes d'air ſont toûjours preſque également preſſées au-deſſous & au-deſſus de l'eau. Mais lorſque le reſſort de l'air eſt entiérement affoibli; ſuppoſant que l'eau du verre fût de quatre pouces de hauteur, alors les bulles qui ſe forment au fond, ne ſont chargées que de la 96e partie de la peſanteur de l'air (pour la facilité du calcul, on ne conſidére point ici le peu d'air très-raréfié qui demeure dans le récipient). Donc la bulle, étant montée à deux pouces, ſera deux fois plus dilatée qu'elle n'étoit au fond du verre, & 192 fois plus que l'air commun; & lorſqu'elle eſt montée à trois pouces, elle l'eſt 384 fois davantage; & 768 fois, quand elle n'a plus que 6 lignes d'eau par-deſſus; & alors elle eſt 8 fois plus grande qu'elle n'étoit au fond du verre. Il arrive même que les autres parties de la matière aërienne ſe trouvant contigues à cet air déja formé, elles ſe diſpoſent plus facilement à ſe remettre en air; ce qui aide à groſſir les bulles: & c'eſt la raiſon pourquoi, lorſqu'on fait le vuide ou qu'on fait chauffer de l'eau dans un vaiſſeau ſur le feu, on voit

for-

ſortir des bulles en de certains endroits, qui ſe ſuccédent les unes aux autres très-vîte, & paroiſſent comme un filet de perles; car le mouvement de la bulle qui monte en haut, & la place vuide d'eau qu'elle occupe, diſpoſe les parties aëriennes qui ſont voiſines, à ſe mettre ſemblablement en air.

On pourroit ici demander, juſques où ſe peut étendre cette dilatation de l'air? Voici l'expérience que j'en ai vû faire: On plongea le goulet d'une bouteille pleine d'eau dans un verre à boire qui en étoit rempli à moitié, & les aiant mis ſur la machine du vuide, on les couvrit d'un récipient; on en tira l'air peu à peu, & quelques bulles étant montées au haut de la bouteille, l'eau deſcendit peu à peu juſques au goulet, & enſuite juſqu'au-deſſous de la ſurface de l'eau du verre qui s'étoit élevée par la chûte de celle de la bouteille. Or en cet état, l'air enfermé avoit encore quelque vertu de reſſort, & n'avoit pas ſon étenduë naturelle, puiſqu'il ſoûtenoit l'eau du verre au-deſſus de celle qui étoit dans le cou de la bouteille; mais après qu'on eût fait rentrer l'air dans le récipient, l'eau remonta dans la bouteille, & il reſta ſeulement une bulle d'air au haut d'environ deux lignes de diamétre, laquelle étant comparée à la capacité de la bouteille, je trouvai par le calcul, qu'elle n'en occupoit pas $\frac{1}{4000}$, & par conſéquent que l'air de cette bulle avoit été quatre mille fois plus raréfié, & avoit encore conſervé une partie de ſon reſſort, par laquelle il faiſoit équilibre au poids de ce peu d'eau qu'il ſoûtenoit, & au reſſort de l'air qui étoit encore ſous le récipient, mais beaucoup plus raréfié; car ſi l'air du matras & du récipient euſſent été raréfiés également, celui du matras ſeroit demeuré à fleur-d'eau.

Explication générale de la raréfaction & de la condenſation de l'air, &c.

Pour expliquer en général la raréfaction & la condenſation de l'air, ſon mélange & la diſſolution dans l'eau, on peut concevoir que l'air eſt quelque choſe de ſemblable à du cotton, qui étant preſſé occupe un très-petit eſpace, & qui peut s'étendre à un beaucoup plus grand: on peut remarquer, que lorſqu'on verſe de l'ancre deſſus, elle n'y entre pas d'abord, & il demeure tout blanc dans le milieu, ſans que l'ancre y pénétre. Par cet exemple, on peut comprendre pourquoi l'eau entre difficilement dans les intervalles des bulles d'air, mais qu'enfin elle y entre, & que lorſque cette matière remplie d'eau dans ſes intervalles eſt excitée par la chaleur, elle ſe met en mouvement & repouſſe l'eau: & comme le cotton peut ſe développer, & occuper un bien plus grand eſpace qu'il n'occupe ordinairement, l'air tout de même développe ſes ſpires, & les unes s'appuïant ſur les autres, elles agiſſent en reſſort, & repouſſent de toutes parts par leur mouvement les autres liqueurs, & les corps qui les preſſent. Il ne faut point croire que la chaleur inſinue quelques eſprits ignées dans l'air pour le dilater; car les corps s'échauffent ſans qu'il y entre aucune matiére du dehors, comme quand on bat une balle de plomb à coups de marteau, ou que les rouës de carroſſe s'allument en tournant très-vîte.

L'eſprit de vin, l'huile, & l'eau-même, ſe dilatent par la chaleur, ſans qu'on y voïe former des bulles d'air; & à plus forte raiſon il n'eſt pas néceſſaire que l'air reçoive aucune matière de dehors, mais ſeulement qu'il développe ſes ſpires, & qu'il écarte les autres corps qui le preſſent.

Que l'air n'a de ſoi aucune chaleur.

Il eſt bon de remarquer ici que l'air de ſoi-même n'a aucune chaleur, & qu'étant éloigné des cauſes qui la produiſent, comme du feu ou du ſoleil, &c. il perd peu à peu celle qu'il en a reçûe, & devient enfin très-froid par la communication qu'il a avec l'air ſupérieur, qui eſt toûjours très-froid, à cauſe que ſa tranſparence l'empêche de recevoir l'impreſſion du ſoleil, & que la réflexion des rayons, & les vapeurs chaudes de la terre ne peuvent atteindre juſques à lui. On peut connoître manifeſtement ce grand froid de l'air ſupérieur par les neiges perpétuelles qui couvrent les hautes montagnes, même ſous la zone torride: & lorſque l'air devient tout à coup très-froid aux mois de Mai & de Juin, cela procéde du mouvement des vents qui rabattent l'air ſupérieur contre la terre, & refroidiſſent par ce moïen celui qui y étoit, ou le chaſſent en haut.

Remarques & expériences ſur l'étenduë de la dilatation de l'air.

Il eſt évident par l'expérience ci-deſſus, que l'air peut ſe dilater plus de quatre mille fois davantage qu'il n'eſt pres de la terre, avant que d'être dans ſa dilatation naturelle, telle qu'il l'a au-delà de l'atmoſphére, où il n'eſt chargé d'aucun poids; mais il eſt très-difficile de déterminer juſques où s'etend cette dilatation, & même de ſçavoir quelle eſt la hauteur de l'atmoſphére.

Quelques-uns ont cru, que cette hauteur n'étoit que de deux ou trois lieuës: car aiant obſervé qu'au bas d'une tour de 220 pieds le mercure du barométre étoit moins haut qu'au-deſſus, d'environ trois lignes; & que les 28 pouces de mercure ne contenoient que 336 lignes, qui diviſées par 3 ne donnent que 112 diviſions: ils multiplioient 112 par 220 pieds, dont le produit eſt 24640 pieds, & prenant un peu plus de 2000 toiſes pour lieuë, ces 24640 pieds ne faiſoient que deux lieuës. Mais cette manière de meſurer la hauteur de l'air n'eſt pas juſte. En voici une qui doit approcher bien plus près de la vérité.

Il faut remarquer les changemens des barométres en des lieux de différentes hauteurs, comme au-bas & au-deſſus d'une haute tour, ou d'une montagne, & en faire pluſieurs obſervations; car il s'y trouve des irrégularitez, à cauſe du mouvement qu'on donne au mercure en montant ou en deſcendant.

Mr. *Toinard* m'a dit qu'il a trouvé à *Orléans* 5 lignes de différence ſur 300 pieds de hauteur. Monſieur *Robaut* donne 3 lignes de différence pour une hauteur de 216 pieds. Quelques autres ont aſſuré avoir trouvé deux lignes de différence ſur la hauteur de 148 pieds en la tour de *S. Jaques* de la boucherie à *Paris*. La première obſervation donne 60 pieds pour ligne, la ſeconde 72, & la troiſiéme 74.

J'en

J'en ai fait deux expériences à l'Obſervatoire. La première fois je trouvai un peu plus de $\frac{1}{3}$ de ligne de difference depuis le bas de la cave juſques au haut; & depuis ce lieu juſques ſur la platte-forme, il ſe trouva encore un peu plus de $\frac{1}{3}$ de ligne: chacune de ces hauteurs eſt de 84 pieds.

Je recommençai l'expérience avec Meſſieurs *Caſſini* & *Picard*, & nous trouvâmes quelques inégalitez entre deux differentes obſervations. On prit deux barométres. L'un étoit à 27 pouces 10 lignes avant que de l'oter du lieu où il étoit; on le deſcendit dans la cave, qui eſt 134 pieds plus bas, & il monta à 28 pouces moins $\frac{1}{3}$ de ligne; la différence eſt 2 lignes moins $\frac{1}{3}$; ce qui fait moins de 4 tiers de ligne pour 84 pieds. On trouva dans l'autre barométre, de même que dans ma premiére expérience, que depuis le bas de la cave juſqu'à 84 pieds il étoit deſcendu de $\frac{1}{3}$ de ligne, & depuis ce lieu juſqu'à une pareille hauteur de 84 pieds, il deſcendit encore de $\frac{1}{3}$ de ligne à peu près; ce qui fait 63 pieds pour une ligne. Mais, parce que l'expérience d'*Orléans* ne donne que 60 pieds, je prens, pour la facilité du calcul, 60 pieds d'air pour une ligne de mercure, & je diviſe toute l'atmoſphére en 4032 diviſions, chacune d'un poids égal, ou d'une même quantité de matière, quoique diverſement dilatées ſuivant leurs différentes élévations: je ſuppoſe que dans le lieu où l'on commence l'obſervation, les barométres s'élevent à 28 pouces préciſément, qui ſont 336 lignes; & multipliant ces 336 lignes par 12, le produit eſt 4032, qui eſt le nombre des diviſions que je donne à l'air, chacune deſquelles ſera d'un 12e de ligne; & parce que 60 pieds par ſuppoſition ſont une ligne au plus bas lieu, 5 pieds feront un 12e de ligne: donc la premiére diviſion ſera de 5 pieds; & parce que depuis la terre juſques à la moitié de l'atmoſphére il y a 2016 diviſions, & qu'en la plus haute de ces 2016 diviſions, l'air y doit être deux fois plus raréfié, à cauſe qu'il ne ſoutient que la moitié du poids de l'atmoſphére (il peut l'etre un peu moins à cauſe du froid qui y régne); cette 2016e partie aura 10 pieds d'étenduë, & les 2016 diviſions vont toûjours en croiſſant proportionnellement depuis 5 pieds juſques à 10. On pourra ſçavoir l'augmentation de chacune par les régles dont on ſe ſert pour trouver les logarithmes: mais parce que la ſomme des progreſſions géométriques, ne différe guéres de la ſomme qu'on trouveroit en prenant ces progreſſions ſelon la proportion arithmétique, je fais ici le calcul ſuivant cette derniére proportion, & pour avoir la ſomme je prens 7 & demi moïen arithmétique entre 5 & 10, que je multiplie par 2016; le produit 15120 pieds, ſera toute l'étenduë de l'air depuis le lieu de l'obſervation juſques à la moitié de l'air en peſanteur, c'eſt-à-dire, juſques à la 2016e diviſion, & toute cette étenduë péſera autant que 14 pouces de mercure, ou 168 lignes. Or 15120 pieds ſont un peu plus que les 5 quarts d'une lieuë françoiſe. On ſuppoſe pour la facilité du calcul que chaque diviſion de 5 pieds a toutes ſes parties également étendues, quoique

quoique celles du cinquième pied ſoient un peu plus dilatées que celles du premier ; mais cette différence eſt comme inſenſible & changeroit peu le calcul.

La moitié du reſte de l'air aura 1008 diviſions : & parce que la première de ces 1008 eſt de 10 pieds à peu près, & la plus haute de 20, puiſqu'elle eſt de moitié moins chargée, il faut prendre 15 pour le nombre moïen, qui, multiplié par 1008 diviſions, donne encore le même nombre de 15120 pieds ou 5 quarts de lieuë. La moitié du reſte aura 504 parties, dont la plus haute aura 40 pieds d'épaiſſeur, & la plus baſſe 20 ; & par les mêmes raiſons le produit de 30, étenduë moïenne, par 504, qui eſt encore 15120 pieds, ou 5 quarts de lieuë, ſera l'étenduë de ces 504 parties, & toûjours chacune de ces parties péſera un 12e de ligne ; & en continuant de même, on trouvera 5 quarts de lieuë pour les 252 parties ſuivantes, autant pour les 126, & de même pour les 63, 31 ½, 15 ¼, 7 ⅛, 3 1/16, & 1 1/32, qui auront toutes chacune 5 quarts de lieuë ; & donnant encore à la dernière 5 quarts de lieuë, on trouvera en tout 12 fois 5 quarts de lieuë, c'eſt-à-dire, 15 lieuës, ou 184320 pieds.

Que ſi on ſuppoſe que l'air étant raréfié 4032 fois n'a pas encore ſon étenduë naturelle : qu'on le ſuppoſe 8064 ou 16128, ou 32256 fois davantage qu'ici bas ; cette dernière ſuppoſition n'ajoûtera que 15 quarts de lieuë, ou 4 lieuës au plus, tellement que ſelon cette hypothèſe toute l'étenduë de l'air ne pourroit aller qu'à environ 20 lieuës : & quand l'air ſeroit huit millions de fois plus raréfié que celui qui eſt proche de la ſurface de la terre, toute ſon étenduë, ſuivant la même progreſſion, n'iroit pas à 30 lieuës.

Pour confirmer la bonté de ce calcul de la hauteur de l'air, je l'appliquerai à deux célébres obſervations, dont l'une eſt rapportée dans le livre de Monſieur Paſchal de l'*Equilibre des liqueurs*, & l'autre a été faite depuis quelques années par Monſieur *Caſſini*. Celle de Monſieur *Caſſini* eſt telle :

Il prit la hauteur d'une montagne de *Provence* qui eſt ſur le bord de la mer, & il la trouva de 1070 pieds ; le mercure du barométre dont il ſe ſervoit, étoit à 28 pouces au plus bas lieu, & au ſommet de la montagne il ſe trouva deſcendu de 16 lignes & un tiers.

Or ſi l'on ſuppoſe 63 pieds pour une ligne, comme on l'a obſervé deux fois dans l'Obſervatoire, & que l'air peſât 28 pouces de mercure au tems de ſon obſervation au bas de la montagne, & qu'on diviſe tout l'air en 336 parties d'égale peſanteur ; chaque diviſion péſera une ligne de mercure, & par conſéquent la première ſera de 63 pieds de hauteur. Suivant donc les raiſonnemens ci-deſſus, on fera le calcul en cette ſorte :

D'autant que dans l'endroit qui diviſe l'air en deux parties d'égale peſanteur où eſt la 168e diviſion, cette partie doit avoir 126 pieds de lar-

largeur, ſçavoir le double de 63; & que chaque diviſion en montant croît toûjours un peu: ſi on prend ces différences en progreſſion arithmétique, & qu'on diviſe ces 63 pieds par 168, chaque diviſion augmentera de $\frac{63}{168}$. Si on multiplie les 16 diviſions dont chacune péſe une ligne, par 63, le produit ſera 1008, à quoi ajoûtant le tiers de 63 à cauſe du tiers de ligne, la ſomme ſera 1029, & y ajoûtant 51, produit de $\frac{63}{168}$ par 136, ſomme de la progreſſion de chaque augmentation juſques à 16, le tout ſera 1080 pieds, qui ſera la hauteur où le barométre devoit diminuer de 16 lignes un tiers; ce qui approche de fort près les 1070 pieds obſervés par Monſieur *Caſſini*.

La 2e. obſervation a été faite ſur une haute montagne proche la ville de *Clermont* en *Auvergne*, dont voici les principales circonſtances:

Le mercure du barométre au plus bas lieu de *Clermont*, étoit à 26 pouces 3 lignes & demi; aiant été porté à 27 toiſes de hauteur dans la montagne, il deſcendit à 26 pouces 1 ligne; à 150 toiſes, il deſcendit à 25 pouces; & enfin vers le deſſus de la montagne, 500 toiſes plus haut que le plus bas lieu de *Clermont*, le mercure ſe mit à 23 pouces 2 lignes: la différence entre la premiére & la derniére de ces obſervations eſt de 3 pouces une ligne & demi, c'eſt-à-dire, 37 lignes & demi.

La premiére obſervation fait connoître que le plus bas lieu de *Clermont* eſt beaucoup plus élevé que les caves de l'Obſervatoire, & par conſéquent qu'une ligne de mercure y doit valoir plus de 63 pieds: on le peut calculer en cette ſorte:

La différence entre 26 pouces 3 lignes & demi, & 28 pouces, eſt 20 lignes & demi, qui font 20 diviſions & demi; & ſelon le calcul ci-deſſus, la derniére diviſion doit augmenter d'environ 7 pieds au-deſſus de 63; car le produit de 63 par 21, diviſé par 168, donne un peu plus de 7 pieds, qui ajoûtés à 63 donnent 70 pieds. Suppoſant donc que la premiére ligne de mercure valût alors 70 pieds d'air, à compter depuis le plus bas lieu de *Clermont*, on calculera la hauteur du lieu de la derniére obſervation en cette ſorte:

La différence entre 26 pouces 3 lignes & demi & 23 pouces 2 lignes eſt 37 lignes & demi; le produit de 70 par 37 & demi eſt 2625; & parce que tout le poids de l'air n'étoit que de 26 pouces 3 lignes & demi de mercure, c'eſt-à-dire, 315 lignes & demi, dont la moitié eſt 158 à peu près, il faut prendre $\frac{63}{168}$ pour l'augmentation qu'on doit donner à chaque diviſion, au lieu des $\frac{63}{168}$ de l'obſervation de Mr. *Caſſini*: la ſomme de la progreſſion des 37 diviſions & demi eſt 712 à peu près, dont le produit par $\frac{63}{168}$ eſt un peu plus que 315, qui ajoûtés à 2625 font 2940 pieds, ou 490 toiſes, au lieu des 500 que les Obſervateurs ont données à la hauteur de la montagne.

Si on calcule de même les deux premiéres obſervations de 27 toiſes & de 150, on trouvera que le mercure devoit moins deſcendre en l'une & en l'autre qu'il ne fit; au lieu qu'en celle de 500 toiſes, il de-

voit deſcendre un peu plus bas que 23 pouces 2 lignes. Ces différences, dont la première & la dernière ſont peu conſidérables, peuvent procéder de pluſieurs cauſes: ſçavoir, qu'on ne prit pas exactement les hauteurs dans la montagne: qu'il y eut quelques différences de vents pendant les différentes obſervations: qu'on avoit laiſſé un peu d'air enfermé dans le barométre qui augmentoit ou diminuoit la force de ſon reſſort, ſelon les différens degrez de chaleur qu'il recevoit: ou que le mouvement qu'on donnoit au mercure en marchant, faiſoit quelques changemens dans les hauteurs qu'il devoit prendre: ou enfin que la même quantité d'air péſe un peu davantage proche de la terre, qu'à 300 ou 400 toiſes plus haut; de même que le fer qui eſt éloigné de trois ou quatre pouces de l'aiman, ne fait pas un auſſi grand effort pour ſe mouvoir vers lui, que lorſqu'il n'en eſt qu'à un pouce.

Si on recommençoit un jour cette obſervation, & qu'on la voulût faire bien exacte, il faudroit ſuſpendre le barométre en montant, de telle ſorte qu'on ne donnât que très-peu de mouvement au mercure: il ſeroit néceſſaire auſſi de marquer dans la relation les médiocres hauteurs où s'éléve le mercure des barométres dans le plus bas lieu de *Clermont* pendant toute l'année; avec quelle exactitude on auroit nivellé les hauteurs de la montagne; quel vent auroit ſouflé pendant les obſervations, &c.

Conſéquences des expériences & des raiſonnemens précédens.

Il ſuit des expériences & des raiſonnemens ci-deſſus, que ſi on mettoit de l'eau tiéde à cinq quarts de lieuë de hauteur, elle bouilliroit; puiſque ſi on en met dans la machine du vuide, elle boût très-fort, dès qu'on a diminué de moitié l'air qui eſt ſous le récipient. Il s'enſuit auſſi que s'il y avoit une montagne de la hauteur d'une lieuë & demi, les hommes & les oiſeaux n'y pourroient vivre; parce que leur ſang n'étant plus preſſé que par la moitié du poids de l'air, & encore moins, & étant plus chaud que de l'eau tiéde, il en ſortiroit quantité de bulles d'air, qui empêcheroient ſa circulation, & troubleroient l'œconomie naturelle du cœur, & des autres parties du corps.

On peut auſſi par les mêmes expériences expliquer pluſieurs effets naturels. Comme ſi on demande d'où vient que les nuées ne s'élévent que juſqu'à une médiocre diſtance de la terre; on peut répondre que l'air étant deux fois moins condenſé à cinq quarts de lieuë de hauteur qu'il n'eſt vers la ſurface de la terre, les vapeurs qui ſe ſont élevées plus haut que l'air groſſier, trouvant un air beaucoup plus léger, elles ne peuvent monter plus haut, tant à cauſe de la légéreté de cet air ſupérieur, que parce que le froid qui y régne, les condenſe & les rend plus peſantes. D'où il arrive que, lorſqu'il y en a beaucoup d'amaſſées, leurs petites parties ſe joignent enſemble, & forment les pluies. On voit un ſemblable effet dans la machine du vuide: car au moment que l'air qui eſt ſous le verre, eſt doublement raréfié, & même un peu moins; on voit tomber une petite pluie qui ſe forme des vapeurs imperceptibles qui

qui voloient dans cet air enfermé, lequel les laiſſe tomber, ne pouvant plus les ſoûtenir pour être trop dilaté. De-là on peut juger, que, s'il y avoit un vaiſſeau de cinq ou ſix pieds de hauteur plein d'eau, elle bouilliroit difficilement, puiſque le poids de ſix pieds d'eau étant conſidérable, la matière aërienne ſeroit plus empêchée de ſe dilater pour ſe mettre en bulles, que ſi elle n'étoit chargée que d'une petite hauteur d'eau. On pourroit douter ſi au-deſſus de l'air il n'y a pas un vuide parfait, ou une autre matière plus ſubtile, ou même ſi la dilatation de l'air ne va pas à une plus grande étenduë que de 20 ou 30 lieuës, puiſqu'il y a quelque vrai-ſemblance qu'il doit s'étendre juſqu'à la lune. Mais en ce dernier cas, il faudroit croire que celui qui eſt fort élevé, a beaucoup moins de mouvement vers la terre à proportion de ſa dilatation, que celui qui n'en eſt éloigné que d'une lieuë ou de deux. Par cette hypothèſe & par celle du mouvement de la terre, on pourroit expliquer aſſez bien le mouvement de la lune autour de la terre; ſes apogées & périgées, &c.

Des propriétez qu'on attribue fauſſement à l'air.

L'air a encore beaucoup d'autres propriétez qui ſont difficiles à expliquer. Mais quelques Philoſophes lui en attribuent auſſi beaucoup qu'il n'a pas; par exemple, qu'il ſe change en ſalpêtre, en s'inſinuant dans les terres, & dans les plâtras: car ce n'eſt pas de l'air que procéde la génération du ſalpêtre, mais des particules de ſalpêtre que la chaleur fait élever dans l'air, & qui retombent avec les pluies; j'en ai fait l'expérience ſuivante:

J'ai tenu pendant près de deux ans auprès d'une grande fenêtre ouverte dans une chambre d'un quatriéme étage, un panier plein de plâtras, deſquels on avoit tiré du ſalpêtre, pour ſçavoir ſi l'eſprit nitroaërien de l'air, comme quelques Chymiſtes le nomment, y formeroit de nouveau ſalpêtre. Mais, après les avoir leſſivés & fait évaporer l'eau, il ne parut pas un atome de ſalpêtre dans la réſidence, en la jettant dans le feu; au lieu que de ſemblales plâtras aiant été mis pendant le même tems dans une cave ſur de la terre affermie, après avoir bien nettoïé la place, il s'y en trouva conſidérablement ſans y avoir rien mêlé de la terre de la cave. Ce qui m'a fait juger que le ſalpêtre s'éléve de la terre à ſa ſurface, & gagne peu à peu le haut des maiſons; & que celui qui dans les nuées concourt à la production du tonnerre, y eſt élevé avec les exhalaiſons inflammables. Et quoique l'air ſoit néceſſaire pour entretenir la flamme, il ne s'enſuit pas que l'air ſe change en feu, ni qu'il donne une matière nitroaërienne pour l'entretenir: il faut plûtôt croire que la flamme s'éteint ſi elle eſt trop preſſée par le reſſort de l'air, & que ſi elle n'eſt pas aſſez preſſée, elle ſe diſſipe; d'où il arrive que dans la machine du vuide on ne peut allumer d'autre flamme que celle de la poudre à canon, encore très-difficilement. Cette flamme de la poudre s'allume dans les lieux ſerrés où il y a peu d'air, & elle force le reſſort de l'air, parce que l'eſprit du ſalpêtre ſe dilatant ſoufle le feu

du charbon & du ſoufre, & le contraint de s'allumer par ce mouvement, & dans le vuide il fait le meme effet. Il arrive auſſi que, lorſqu'il y a trop de vapeurs à l'entour de la flamme, elle s'éteint, comme on le voit dans les caves où il y a du vin nouveau qui jette ſes fumées; car les chandelles s'y éteignent, particuliérement lorſqu'on les met près de la terre, à cauſe qu'il y a là plus de vapeurs que vers le haut de la voûte. Ce dernier effet ſe prouve en mettant un gros charbon ardent dans de l'eau, & le couvrant promptement avec un grand verre à boire: car le verre s'emplit de fumées & de vapeurs; mais peu à peu le haut du verre s'éclaircit, & on ne voit plus de vapeurs qu'au bas du verre, proche la ſurface de l'eau, où enfin elles ſe réünifſent.

Si on met dans un air trop preſſé un charbon allumé, il s'amortit; mais ſi on le ſouffle, il ſe rallume; ce qui fait connoître que le vent que produit le ſalpêtre, peut tenir allumée la flamme preſſée, & l'empêcher de s'éteindre.

De quoi l'air n'eſt pas compoſé.

On ne doit pas dire auſſi que l'air ſoit compoſé des vapeurs & des pouſſiéres qui y ſont mêlées, non plus que les ſels diſſous dans l'eau, ni les terres qui la rendent trouble, ne ſont pas des parties de l'eau: & lorſqu'en Eté les verres remplis d'une eau très-froide ſe terniſſent au dehors, il ne faut pas croire que ce ſoit l'air qui s'y réduiſe en vapeurs, mais bien, que les vapeurs inviſibles qui volent dans l'air, s'y condenſent par le froid, & y forment enfin de petites goutelettes d'eau ſemblables à celles que le ſouffle fait paroître ſur les miroirs en Hiver.

Si les verres ſont encore mouillés de l'eau dont on les a lavés, ils ne ſe terniſſent pas, quoiqu'on y mette de la glace dans l'eau qui y eſt; parce que les vapeurs de l'air ſe joignent à l'eau extérieure, & s'étendent avec elle, & par ce moïen il ne ſe fait point de ces petites goutelettes ſéparées qui terniſſent le verre.

Ce n'eſt pas auſſi l'air qui réſoud les ſels dans les tems humides; mais ce ſont les vapeurs aqueuſes qui voltigent dans l'air, qui s'y attachent.

Qu'il ne réſoud pas les ſels dans les tems humides, & qu'il n'eſt pas de ſoi la cauſe de la corruption.

L'air n'eſt point de ſoi la cauſe de la corruption des fruits, du vin, &c; mais la ſeule facilité de l'évaporation de quelques particules de ces ſubſtances, lorſqu'elles ſont expoſées au grand air; c'eſt ce qui fait éventer le vin, & paſſer les fruits en peu de tems; au lieu que s'ils ſont enfermés avec peu d'air, ils ſe conſervent fort long-tems.

Les herbes preſſées entre deux linges demeurent vertes deux ou trois jours, même en Eté; au lieu qu'elles ſe flétriſſent en moins d'une heure étant expoſées au grand air. J'ai vû du ſang enfermé dans un petit matras, ſcellé hermétiquement, être encore très-liquide, & d'une belle couleur, quoiqu'il y eût plus de dix ans qu'on l'y avoit mis: & ſi les fruits comme les ceriſes, les pommes, &c. ſe conſervent dans le vuide aſſez long-tems, ils ſe conſervent encore mieux lorſqu'il y a de l'air dans les petits vaiſſeaux où ils ſont enfermés, parce que quelques-unes

de

de leurs particules ſe diſſipent dans le vuide; j'en ai fait cette expérience:

Je mis dans une petite phiole, au mois de Juin, des feuilles de roſes, des ceriſes, & des féves vertes; je fermai l'ouverture avec de la cire rouge fort gluante; & au bout de neuf jours je trouvai que les ceriſes étoient entiéres & de même couleur; les feuilles de roſes étoient entiéres, mais un peu diminuées de couleur; & les féves, ſans aucune altération conſidérable: au lieu que de ſemblables matiéres que j'avois laiſſées à l'air dans le même endroit de la chambre, étoient fort différentes; car les féves étoient plus petites de moitié, & fort dures; les feuilles de roſes étoient ſéches; & les ceriſes, noires & pourries, parce qu'il faiſoit alors une très-grande chaleur. De-là on peut juger que, ſi on avoit mis la petite phiole dans une cave fort profonde, ces fruits qui y étoient enfermés, ſe ſeroient conſervés plus de deux mois.

Les fraiſes & les autres fruits fort humides ne ſe conſervent pas bien dans une bouteille fermée, parce que les vapeurs qui s'en élévent, retombent deſſus en eau, & cette eau les fait corrompre.

Si l'air eſt coloré.

La plûpart des Philoſophes croïent que l'air eſt ſans couleur. Mais il y a beaucoup de raiſons qui doivent perſuader qu'il eſt bleu: car les hautes montagnes éloignées paroiſſent bleues, comme étant vûes à travers un corps bleu tranſparent; l'air paroît bleu en un tems ſerain, à cauſe qu'il y a beaucoup d'épaiſſeur juſqu'au haut de l'atmoſphére; mais on ne diſcerne point cette couleur dans une médiocre épaiſſeur, comme d'un quart de lieuë, de même qu'une goute de vin peu chargé de couleur paroît claire comme de l'eau. On peut juger auſſi que l'air eſt bleu, par cette expérience:

Recevez la nuit en un tems ſerain la lumière de la lune ſur une feuille de papier blanc, & en même tems celle d'une chandelle; il faut faire en ſorte que la lune ne luiſe que ſur une partie du papier & la chandelle ſur l'autre; ce qui ſe peut exécuter par le moïen d'un carton que l'on tiendra perpendiculairement ſur le papier: alors la partie éclairée par la ſeule chandelle paroîtra rougeâtre, parce que ſa lumière a beaucoup de cette couleur; mais la partie éclairée par la lune ſeule paroîtra bleue, parce que ſa lumière paſſe au travers de beaucoup d'air, & en prend la couleur.

Si l'air ſe mele avec le ſang dans les poumons.

Quelques Anatomiſtes croïent que l'air ſe mêle avec le ſang dans les poumons, pendant la reſpiration; mais cela n'eſt aucunement néceſſaire, puiſqu'il y a déja de la matiére aërienne dans celui qui eſt dans les veines. On pourroit obſerver par des expériences faites dans la machine du vuide, ſi le ſang des artéres donne une plus grande quantité de bulles d'air que celui des veines. Car ce n'eſt pas aſſez que le ſang artériel ait une couleur plus vive que le ſang vénal, pour inférer qu'il a pris de l'air en paſſant par le poumon, puiſque cet effet pourroit procéder de ce que le ſang de la veine cave paſſant à travers les peti-

tes membranes du poumon, s'y rafine & devient plus ſubtil, de même que les liqueurs qui ſe filtrent en paſſant à travers quelques corps poreux, deviennent plus belles & plus tranſparentes; & il ne faut pas douter que le ſang ne ſe charge de beaucoup d'impuretez en paſſant par la rate, par les boyaux, par les membranes de l'eſtomac, &c.

On expliquera les autres propriétez de l'air ſelon le rapport qu'elles auront à celles qui ont été ici expliquées, en ſe ſervant des mêmes hypothèſes, leſquelles on peut recevoir juſques à ce qu'on en invente quelques autres qui conviennent mieux à tous les effets.

F I N.

TROISIÈME ESSAI.
DU
CHAUD
ET
DU FROID.

Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Royale des Sciences.

DISCOURS

POUR FAIRE VOIR QUE LE FROID N'EST QU'UNE PRIVATION OU UNE DIMINUTION DE CHALEUR, ET QUE LA PLUPART DES LIEUX SOUTERRAINS SONT PLUS CHAUDS EN ETE' QU'EN HIVER.

* Qu'on ne doit pas toûjours juger des choſes en elles-mêmes, & entr'autres du froid & du chaud, par les ſens.

LEs Philoſophes ſe plaignent que nos ſens nous trompent: mais bien ſouvent c'eſt plûtôt par le défaut du raiſonnement que nous tombons en erreur, que par le défaut des ſens; car ils ne ſont pas diſpoſés pour nous faire connoître les choſes telles qu'elles ſont en elles-mêmes, mais ſeulement telles qu'elles ſont à notre égard, afin que nous puiſſions éviter celles qui nous ſont nuiſibles, & nous ſervir de celles qui ſont propres à notre conſervation.

La vérité de cette hypothèſe ſe reconnoît principalement dans le diſcernement du chaud & du froid. Car la plûpart des choſes naturelles faiſant leurs fonctions par la chaleur; ſoit qu'elle ſoit interne & propre, comme celle des hommes & des autres animaux; ſoit qu'elle ſoit externe, comme celle que les plantes reçoivent du ſoleil: le degré de chaleur qui leur convient, ne peut être notablement augmenté ou diminué, qu'elles ne périſſent. C'eſt pourquoi le ſens de notre attouchement a dû être diſpoſé de telle ſorte, que tout ce qui excéde le tempérament de notre chaleur, nous paroît chaud; & que tout ce qui a moins de chaleur que nous, ou qui n'en a point du tout, excitât en nous un autre ſentiment, & une douleur toute différente, ſous l'apparence de ce que nous appellons froid; afin que nous puſſions éviter les inconvéniens qui arriveroient par l'augmentation ou par la diminution de notre chaleur naturelle, & nous conſerver dans notre juſte tempérament. Mais d'en tirer cette conſéquence, que tout ce que nous ſentons froid, ſoit abſolument ſans chaleur; c'eſt une erreur très-groſſière: car de même que quelques animaux qui ſont naturellement plus chauds que nous, ſe tromperoient, ſi en nous touchant ils nous jugeoient ſans chaleur; auſſi nous trompons-nous, lorſque nous eſtimons froids abſolument ceux qui ont leur tempérament de chaleur dans un degré inférieur au nôtre, & que l'eau ſoit entiérement ſans chaleur, lorſqu'elle nous paroît froide. Pour faire connoître cette vérité, qu'on mette de l'eau tiede dans quelque vaiſſeau, & que quelqu'un, tirant ſa main d'une eau preſque bouillante, la trempe dans cette eau tiéde: il eſt certain qu'il

qu'il la trouvera froide, quoiqu'elle ne le ſoit pas; & qu'il la trouveroit chaude après avoir manié quelque tems de la neige. D'où il s'enſuit, qu'il eſt impoſſible de déterminer par l'attouchement les bornes du chaud & du froid; c'eſt-à-dire, de juger quand la chaleur ceſſe, & quand le froid commence.

Que ſi on jette dans une cuve pleine d'eau, une poignée de ſel, & un verre d'eau bouillante; il eſt évident que l'eau de cette cuve ſera ſalée, puiſqu'il y aura du ſel, & qu'elle aura de la chaleur, puiſque celle de l'eau bouillante y ſera mêlée réellement; & toutesfois cette eau étant moins ſalée que notre langue, elle nous paroîtra inſipide, & nos mains étant plus chaudes, nous la trouverons froide.

Par où l'on doit juger qu'une choſe eſt ſans chaleur:

Ce n'eſt donc pas par le ſentiment du froid que nous devons juger ſi une choſe eſt ſans chaleur, mais par des raiſonnemens fondés ſur d'autres principes, & par les effets que la chaleur produit ordinairement. Or les principaux effets de la chaleur ſont, de faire croître & végéter les plantes & les animaux, de faire évaporer l'humidité qui eſt dans les corps, & de faire fondre & rendre liquides les choſes ſolides & groſſières, comme l'or, le plomb, la cire & la glace, quoique ſelon divers degrez: car il faut beaucoup plus de chaleur pour faire fondre l'or & le faire couler, que pour faire couler le plomb; & il en faut moins pour fondre la glace, que pour fondre la cire.

Si donc nous croïons que le coulement de la cire ſoit un effet de la chaleur, & qu'elle ne puiſſe ſe fondre ſans être chaude; pouvons-nous douter que, lorſque la glace ſe fond, cette fuſion ne ſoit auſſi un effet de la chaleur, & qu'elle ne ſoit véritablement chaude lorſqu'elle eſt fondue? D'ailleurs, quelque froide que l'eau nous paroiſſe, elle pouſſe des vapeurs, comme il ſe voit par les brouillards qui s'élèvent ſur les étangs & ſur les rivières, même de nuit & en Hiver; ce qui ne ſe pourroit faire ſi ces eaux étoient ſans chaleur: & les poiſſons ne pourroient digérer, croître, & faire leurs autres fonctions, ſi leur tempérament n'avoit quelque degré de chaleur; & parce que l'eau eſt d'ordinaire d'un même tempérament que les poiſſons, il s'enſuit qu'elle eſt chaude. Lorſqu'en Eté les poiſſons meurent dans des eaux que nous trouvons froides, cela ne peut arriver que parce qu'elles ſont trop chaudes à leur égard; d'où vient qu'ils cherchent alors l'eau des fontaines, qui vraiſemblablement leur paroît tiède, & n'altére point leur chaleur naturelle. A quoi ſi on ajoûte que le creſſon & les autres herbes aquatiques croiſſent & fleuriſſent en Eté dans des fontaines que nous trouvons très-froides; il n'y aura plus lieu de douter qu'il n'y a point d'eau qui ne ſoit chaude. Cela étant ſuppoſé, il eſt aſſez facile de montrer qu'il y a peu de glace & de neige qui n'ait auſſi quelque chaleur: car, ſi l'eau tiéde diminuant peu à peu ſa chaleur, nous ſemble peu à peu devenir froide, il eſt vrai-ſemblable, que continuant à nous paroître un peu plus froide lorſqu'elle commence à ſe geler, elle conſerve encore

quelque reſte de chaleur; autrement il faudroit dire que la congélation ne pourroit ſubſiſter qu'avec un froid parfait; ce qui eſt manifeſtement faux, puiſque l'or & le plomb commençant à ſe congeler, ſont encore ſi chauds qu'ils nous brûlent: & par conſéquent il n'eſt pas incompatible que la glace ne conſerve en ſon commencement quelque chaleur, qui diminue peu à peu, comme celle du plomb lorſqu'il eſt congelé. De plus, il eſt certain qu'un même feu, agiſſant ſur l'or & ſur le plomb, fait fondre le plomb plûtôt que l'or; & que le ſoleil, luiſant également ſur de la glace & ſur de l'eau de vie gelée, fait plûtôt couler l'eau de vie que la glace: mais l'or, quoiqu'il ne ſoit pas encore fondu, eſt autant ou plus chaud que le plomb fondu: donc, par une raiſon égale, la glace, quoiqu'elle ne ſoit pas encore fondue, ſera autant ou plus chaude que l'eau de vie qui commence à être fondue, laquelle, par les diſcours précédens, eſt véritablement chaude, puiſqu'elle eſt rendue liquide. Auſſi voïons-nous ſouvent les blez & pluſieurs autres herbes croître & conſerver leur verdure parmi la neige & la terre gelée; ce qu'elles ne pourroient faire ſans chaleur; & par conſéquent il faut que ces herbes, & la neige qui les touche, ſoient chaudes. J'ai auſſi obſervé que la glace pouſſe des vapeurs; car elle diminue tous les jours de poids, quelque froid qu'il faſſe: & puiſque l'évaporation eſt un effet de la chaleur, il s'enſuit que la glace, qui pouſſe des vapeurs, eſt chaude, & que le froid qui nous paroît en elle, n'eſt qu'une diminution de chaleur.

Que le froid dans la glace, auſſi-bien que dans les autres choſes, n'eſt qu'une diminution de chaleur.

Pour mieux raiſonner ſur cette matière, il faut remarquer que la plûpart des qualitez qui nous ſemblent être contraires aux qualitez actives, ne ſont rien en effet, mais ſeulement une privation ou manquement de ces qualitez: ainſi les ténèbres ſont une privation de la lumière, & le repos, ou immobilité, eſt une privation du mouvement; puiſqu'être immobile & ténébreux, n'eſt autre choſe, qu'être ſans mouvement & ſans lumière. Or il eſt aiſé de juger, que la qualité qui eſt contraire à la chaleur, doit ſuivre la même régle, & que le froid parfait n'eſt autre choſe qu'une privation entière de chaleur: car d'autant que le mouvement eſt le ſeul principe, ou, du moins, un des principes de la chaleur, comme on le reconnoît par l'expérience des rouës de caroſſe qui s'allument en roulant violemment, & que les effets doivent être proportionnés à leurs cauſes; ſi le mouvement a pour ſon contraire le repos, qui eſt une privation; le contraire de chaleur qui eſt le froid, ſera auſſi une privation; & ſi les corps ne ſont chauds que par un mouvement violent de leurs particules, il s'enſuit néceſſairement que lorſque leur mouvement ceſſe, ils demeurent froids & ſans chaleur. Mais, comme l'éguille d'une montre nous paroît ſans mouvement, parce qu'elle tourne très-lentement; ainſi un corps qui a fort peu de chaleur, nous doit paroître comme s'il n'en avoit point du tout. Et toutesfois nous faiſons différence de glace à glace, & de neige à neige, à l'égard de la froideur: car la neige

Autre preuve de cela.

ge étant ſur le point de ſe fondre, ſe manie aiſément; mais il y en a qu'on ne peut long-tems toucher, ſans ſouffrir un froid très-ſenſible, & il peut y avoir de la glace tellement éloignée de notre tempérament, que ſi on la touchoit, la main s'y attacheroit. Mais, parce que la privation ne reçoit ni augmentation ni diminution, car deux corps ſans mouvement ſont auſſi immobiles l'un que l'autre; il eſt néceſſaire que de ces glaces & de ces neiges, qui nous paroiſſent de différente froideur, les moins froides à notre ſens, aient un peu de chaleur, les autres un peu moins, & que celles dont le froid eſt exceſſif, en ſoient entièrement privées, ou preſque entièrement privées.

Pour confirmer cette opinion, on peut conſidérer qu'il ne paroît dans la nature aucune cauſe poſitive du froid, ni aucun corps qui ne puiſſe être échauffé. Il y a des Philoſophes modernes qui attribuent le principe du froid au ſalpêtre, parce que quand on en mêle avec de la neige, ou qu'on en diſſout dans l'eau, ce mélange facilite le refroidiſſement du vin & des autres liqueurs qu'on y plonge pour les rafraîchir: mais cela procéde de ce que le ſalpetre étant un corps plus condenſé que l'eau, il communique plus fortement ſa froideur que l'eau. Le même effet paroît dans le ſel commun: car, ſi on en mele avec de la neige dans un plat, & qu'on mette un autre plat deſſus où il y ait un peu d'eau, cette eau ſera bien plûtôt gelée que s'il n'y avoit que de la neige au-deſſous; ce qui arrive à cauſe que le ſel ſe fondant à demi dans la neige, ce mélange d'eau ſalée, qui a une froideur égale à celle de la neige, touche le plat ſupérieur en beaucoup plus de parties que ne fait la neige ſeule, ou la glace briſée, & par conſéquent il en doit être beaucoup plus refroidi. D'où il s'enſuit, que cet effet ne prouve point que le ſalpêtre ou le ſel aient de ſoi plus de froideur que la neige.

Autre preuve de la même choſe en ce qu'on ne peut aſſigner aucune cauſe poſitive du froid, &c.

Il n'y a auſſi nulle apparence que l'air ſoit une cauſe poſitive du froid, quoiqu'il refroidiſſe ordinairement les autres corps: j'attribue cet effet à la diminution de chaleur, & je l'explique en cette ſorte:

Lorſqu'il a fait très-chaud tout le jour, & que le ſoleil commence à ſe coucher, l'air ſupérieur qui eſt toujours très-froid, parce qu'il reçoit très-peu d'impreſſion de la lumière du ſoleil, comme il a été prouvé ailleurs, refroidit peu à peu celui qui eſt au-deſſous, qui communique enſuite ſa froideur à celui qui eſt proche de la ſurface de la terre, lequel étant devenu froid, c'eſt-à-dire, moins chaud, fait diminuer peu à peu la chaleur de la terre & celle de l'eau. Car, de même qu'un corps très-peſant, étant mis en mouvement, eſt arrêté plus difficilement qu'un corps léger; ainſi la terre & l'eau conſervent bien plus longtems la chaleur que le ſoleil leur a donnée, que l'air qui leur eſt contigu: d'où il arrive qu'en Hiver l'eau commence à ſe geler à ſa ſurface, à cauſe de l'air qui la touche, qui, recevant facilement la froideur de l'air ſupérieur, la communique plûtôt à la partie de l'eau qu'il touche, qu'à celle qui eſt au fond. On raiſonnera de même à l'égard des autres

corps qu'on pourroit conjecturer être des cauſes poſitives du froid, comme les eſprits nitreux, les eſprits que quelques-uns appellent frigorifiques, ſans déterminer de quels corps ils procédent, &c.

Objection contre ce qui a été dit & prouvé

Que ſi on inſiſte, & qu'on objecte que le froid agit, puiſqu'il engourdit, & fait mourir les animaux, qu'il durcit les eaux, & fait fendre les arbres, & que par conſéquent ce n'eſt pas une privation: on pourra répondre que ce que nous ſouffrons par le froid, procéde de ce que notre chaleur naturelle ſe diſſipe par l'attouchement des choſes abſolument froides, ou beaucoup moins chaudes que nous; car les qualitez ſe communiquent & paſſent d'un ſujet en un autre, comme une boule qui roule rencontrant une pierre immobile, lui communique une partie de ſon mouvement, qu'elle perd: & nous ne pouvons perdre beaucoup de notre chaleur, ſans mourir, ou ſans une extrême douleur; ainſi qu'un homme aiant demeuré long-tems dans les ténébres qui n'agiſſent point, & ne ſont qu'une pure privation, ne laiſſeroit pas de perdre la vûë, ou du moins elle s'affoibliroit beaucoup. Pour ce qui eſt des arbres qui ſe fendent, & de l'eau qui ſe géle, ce n'eſt pas plûtôt une action & un effet du froid, que lorſque le plomb ſe prend & ſe congéle aprés avoir été fondu: car comme c'eſt la nature du plomb d'etre ferme & ſolide, & de ne ſe fondre que par violence, & qu'il retourne de ſoi-même à ſe congeler, conſervant encore beaucoup de chaleur; ainſi l'eau d'elle-même ſe congéle, lorſque le chaud qui la tenoit fondue, ſe diminue, & les arbres qui avoient leurs pores ouverts, & laiſſoient ſortir des matiéres raréfiées, ces pores étant reſſerrés, particuliérement quand leur écorce eſt couverte de verglas, ces matiéres raréfiées & ſpiritueuſes ne peuvent ſortir, & enfin elles font un effort, & rompent l'endroit le plus foible pour ſe faire paſſage; de même qu'il arrive à l'eau glacée dans laquelle ces matiéres ſe dilatent & ſe mettent en air, & ne pouvant ſurtir elles rompent la glace.

Réſultat des raiſonnemens précédens.

De ces raiſonnemens il réſulte, que s'il n'y avoit ni ſoleil, ni feu, ni mouvement dans la nature, toutes les choſes demeureroient ſans lumiére & ſans chaleur; & alors il y auroit de la glace & de la neige véritablement froides, comme il y en a peut-être ſous les poles, lorſque le ſoleil a été cinq ou ſix mois ſans y luire. Mais, comme le ſoleil agit toûjours, même juſqu'au centre de la terre, il y a peu de choſes qui ne ſe reſſentent de ſa chaleur, & ne ſoient véritablement chaudes, quoique celles qui ſont au-deſſous de notre tempérament, nous paroiſſent froides. Et pour concluſion nous dirons que la glace, la neige, & la plûpart des eaux & des autres choſes ſublunaires, ſont froides à notre égard, & que nous les devons appeller telles dans nos diſcours ordinaires; mais que réellement il n'y a point d'eau qui ne ſoit chaude, & peu de glaces & de neiges qui ne le ſoient auſſi; & enfin, que le véritable froid s'il y en a ici bas, n'eſt qu'une privation entiére de chaleur.

Ces choſes étant ſuppoſées, il eſt manifeſte qu'il ne faut pas entreprendre

prendre de juger ſi les caves & les autres lieux ſoûterrains ſont plus chauds en Hiver qu'en Eté, par le chaud ou par le froid que nous y reſſentons; mais que pour nous en aſſurer, il faut fonder nos raiſonnemens ſur d'autres experiences. Que les lieux ſoûterrains ſont plus chauds en Eté qu'en Hiver.

Or ſi l'on ſuppoſe que dans les caves ordinaires, & dans les autres lieux ſoûterrains éloignés des fontaines chaudes, ou des montagnes qui jettent des flammes, il n'y a point d'autre chaleur que celle qui procéde du ſoleil; il eſt aiſé à conjecturer que pendant les premiéres chaleurs de l'Eté, quand même elles ſeroient trés-grandes, les caves trés-profondes doivent être moins échauffées qu'au commencement de Septembre, parce que la chaleur s'inſinue peu à peu dans la terre, & qu'il faut beaucoup de tems avant qu'elle ait pénétré juſques à 30 ou 40 pieds de profondeur: car même lorſque le ſoleil luit tout le jour, la ſurface de la terre eſt plus échauffée à trois heures après midi, qu'à dix ou onze heures du matin, & il fait d'ordinaire moins chaud au ſolſtice d'Eté, qu'un mois ou ſix ſemaines après; & par la même raiſon la plus grande chaleur des caves fort profondes doit être vers la fin de l'Eté, & le plus grand froid vers la fin de l'Hiver, parce qu'elles s'échauffent & ſe refroidiſſent peu à peu.

Pour ſçavoir ſi l'expérience ſeroit conforme à ce raiſonnement, je fis porter dans un caveau de l'Obſervatoire Roïal de *Paris*, un thermométre d'environ trois pieds & demi de longueur, dans lequel, lorſqu'il étoit dans une chambre, l'eſprit de vin montoit juſques à plus de 3 pieds pendant l'Eté, & deſcendoit en Hiver juſques fort près de la pomme. Ce thermométre étoit ſcellé hermétiquement au haut du tuyau pour empecher l'air d'y entrer, & étoit diviſé en pluſieurs parties égales chacune de quatre lignes. Je commençai d'en obſerver les changemens le 6 Décembre 1670, après que je l'eus laiſſé trois ou quatre jours ſans y regarder. Je remarquai ce jour-là que l'eſprit de vin étoit à la 53e. des diviſions, que j'appellerai ici des degrez. Le 18 Décembre il étoit deſcendu à 52 degrez ½ à peu prés, & demeura en cet état ſenſiblement pendant tout l'Hiver, qui ne fut pas fort rude cette année-là. Expériences qui confirment ce que l'on vient d'établir.

Au commencement d'Avril 1671, il parut être un peu plus haut & continua de monter juſques au 25 Août, & en ce tems il ſe trouva à 53 degrez ½. Il monta encore un peu juſques au 15 Septembre, auquel jour il étoit fort près de 53 degrez & demi, en ſorte que toute ſa montée fut un peu au-deſſous de quatre lignes. Il demeura ſtationnaire juſques au mois de Novembre, où il commença à baiſſer; & enfin le 18 Décembre il revint environ au même point que l'année d'auparavant, ſçavoir à 52 degrez ½, & demeura à peu près de même juſques au 15 du mois de Février 1672, où le tems étant fort froid & la riviére gelée, il parut quelques jours après à 52 degrez & demi, & il demeura ſenſiblement en cet état juſques au 15 de Mars, auquel jour & dans les ſuivans, il commença à monter trés-peu, mais il monta aſſez conſidérablement

blement pendant le mois de Mai, & continua de monter juſques au mois de Septembre 1672, & revint encore à fort près de 53 degrez & demi, comme en l'année 1671. Deſquelles expériences il eſt manifeſte, qu'il faiſoit plus chaud dans ce caveau à la fin de l'Eté, qu'au mois de Janvier & de Février. Ce caveau étoit à 84 pieds de profondeur.

Sur la fin du mois de Novembre 1672, je fis porter ce même thermométre dans une maiſon qui eſt vis-à-vis du college de *Clermont* dans la ruë *S. Jaques*, & je le plaçai dans une cave de 30 pieds de profondeur. Le lendemain l'eſprit de vin étoit au 49e. degré, & pendant les mois de Décembre & de Janvier il deſcendit peu à peu juſques au 44e. degré; mais le froid s'étant augmenté en Février, il deſcendit enfin juſques à 42 degrez & demi.

Sur la fin du mois de Mars 1673, trois jours après un médiocre froid, il étoit remonté à 47 degrez moins un tiers. Le 4 Avril, il étoit à 47 degrez préciſément; & le froid aiant recommencé le 6 Avril, il fut le 14 à 47 degrez moins un tiers. Le 19 le tems devint un peu plus chaud, & les quatre jours ſuivans encore plus, & le 24 il étoit monté à 47 degrez un tiers. La chaleur du tems augmenta juſques au premier Mai, auquel jour il étoit à 47 degrez deux tiers. Le chaud continua d'augmenter, & le 16 Mai l'eſprit de vin étoit à 48 degrez un peu plus. Le 19 Mai après trois jours de froid, il parut etre monté un peu, & étoit à 48 degrez un quart, quoique dans les thermométres tenus dans des chambres, il fut deſcendu de plus de dix degrez pendant ces trois jours.

Le froid continua juſques au premier de Juin, & le cinquiéme Juin l'eſprit de vin étoit monté à 48 degrez trois quarts, tellement qu'alors cette cave étoit encore plus froide que le 25 Novembre précédent. Le 19 Juin l'eſprit de vin étoit à 49 degrez moins $\frac{1}{8}$ ou $\frac{1}{12}$. Le 3 Juillet il étoit à 49 degrez un tiers.

Le 17, à 49 trois quarts; auquel jour je fentis dans cette cave un froid très-incommode, parce qu'il faiſoit très-chaud par les ruës.

Le 31, il étoit à 50 degrez un quart.

Le 14 Août, à 50 degrez deux tiers.

Le 28, à 51.

Le 15e Septembre, à 51 & demi; où l'on ceſſa d'obſerver, parce que le thermométre fut caſſé: & il y a apparence que l'eſprit de vin ne fut pas monté juſques à 53 degrez & demi, comme en la cave de l'Obſervatoire, dont la raiſon eſt, qu'aiant été en Février à 42 degrez & demi, il y faiſoit beaucoup plus froid en ce tems-là que dans la cave de l'Obſervatoire, où il n'étoit deſcendu qu'à 52 degrez & demi, & le chaud de l'Eté ne continua pas aſſez long-tems, ou ne fut pas aſſez grand pour chaſſer ce froid: car le ſoleil ne luit dans la ruë où eſt cette cave qu'une heure le jour; ce qui fait que la terre qui environne cette cave, ne reçoit jamais guéres de chaleur: mais l'air qui eſt dedans, reçoit

reçoit beaucoup plus de froid que celui qui eſt dans la cave de l'Obſervatoire, parce que ce dernier eſt beaucoup plus éloigné du froid qui eſt en Hiver ſur la ſurface de la terre. Puis donc qu'à la fin de l'Eté l'eſprit de vin de ce thermomètre étoit dans cette cave de 30 pieds de profondeur, plus haut de 9 degrez ou 36 lignes qu'à la fin de l'Hiver; il s'enſuit qu'il y fait une chaleur bien plus grande en Eté qu'en Hiver. Il paroît auſſi par ces Obſervations, qu'aux mois de Juin & de Novembre il y avoit à peu près la même température d'air, puiſque l'eſprit de vin étoit à la meme hauteur pendant pluſieurs jours de ces deux mois, comparant les premiers jours du mois de Juin aux derniers de Novembre, & ainſi des autres; dont la raiſon eſt évidente, ſçavoir, que le chaud n'avoit pas encore pénétré la terre au mois de Juin, ni le froid au mois de Novembre. Il paroît encore que les changemens ſont beaucoup moindres dans la cave de l'Obſervatoire qui a 84 pieds de profondeur, qu'en cette dernière de 30 pieds de profondeur; puiſqu'en une année entière, la différence de la montée du thermomètre en la première eſt moindre que 4 lignes, & qu'en l'autre elle eſt de 36 lignes: d'où l'on peut conclure, qu'en une profondeur de 100 pieds, l'air y eſt toûjours à fort peu près de meme température, principalement quand il n'a aucune communication avec celui qui eſt vers la ſurface de la terre, quoique, ſi on y deſcendoit pendant les grandes chaleurs de l'Eté, lorſque les pores du cuir ſont fort ouverts, on y reſſentiroit beaucoup de froid, & qu'au contraire on ſentiroit une agréable chaleur, ſi on y deſcendoit au plus fort de l'Hiver, quoiqu'en effet il y fit un peu plus chaud au mois d'Août qu'au mois de Janvier.

J'ai fait encore pluſieurs obſervations dans une autre cave moins profonde.

Le 21 Juillet 1674, je tenois deux thermomètres de même force dans une chambre au ſecond étage où le ſoleil ne luiſoit point: l'eſprit de vin y étoit juſques à la 89e. diviſion; chaque diviſion étoit de 2 lignes un tiers, que j'appelle auſſi des degrez. Le 23, je portai un de ces thermometres dans une cave qui eſt à 10 pieds de profondeur ſous le rez de chauſſée de la maiſon; & laiſſai l'autre dans la chambre.

Le 26, l'eſprit de vin étoit deſcendu en celui de la cave à 52 degrez & demi; & environ 8 jours après, il étoit remonté à 53 & demi.

Le 15 Août il étoit à 54 degrez, quoique dans celui de la chambre il fut à 64: je mis une marque de cire ſur le tuyau de celui de la cave pour mieux marquer les changemens; le deſſus de la cire étoit vis-à-vis de ce 54e. degré.

Le 21, celui de la chambre étoit à 57 degrez, & le 22, à 60; & celui de la cave, étant deſcendu de trois quarts de ligne, étoit à 53 degrez deux tiers, à peu près. Le 2 de Septembre il revint vis-à-vis du haut de la marque de cire, c'eſt-à-dire, au 54e. degré: celui de la chambre

bre étoit au 63e. Le 8, celui de la cave étoit à 54 degrez un quart, & celui de la chambre à 63.

Je diſcontinuai les obſervations juſques au 16 Novembre de la même année; mais je les continuai depuis ce jour juſqu'au 8 Septembre 1675. Les plus conſidérables de ces obſervations ſont dans la table ſuivante, dont la première colomne marque les jours des mois; la ſeconde, les hauteurs du thermométre de la chambre; & la troiſième, les hauteurs du thermométre de la cave de dix pieds de profondeur.

Table des jours & des hauteurs des Thermométres.

NOVEMBRE 1674.		
16	42 d.	46 d.
DE'CEMBRE.		
9, *ce jour les ruës étoient gelées.*	20 ½	36
15	20	33
17, *dégel*	28	35
20	32	35 ½
22	40	36
JANVIER 1675.		
1	44	38
22, *gelée*	22	30
24	24	31
FE'VRIER.		
1	33	32
18	29	33 ½
22	27	31 ½
28	28	31 ½
MARS.		
6	29 d.	31 d.
9	38	31 ½
13	42	32 ½
16	36	32 ½
20	32	32 ½

Le froid continua juſques au premier Avril, & l'eſprit de vin du thermométre de la chambre n'étoit le 3 qu'à 33 degrez; il fit chaud enſuite.

AVRIL.		
6	49	34
22	44	37
26	60	37 ½
MAI.		
9	60	37 ½
JUIN.		
4	62	44
AOUT.		
16	70	50
20	73	52

SEP-

SEPTEMBRE.		
4	68d.	53d.
8	65	53½
JANVIER 1676.		
La chambre étoit ſans feu.		
8, *Tems doux.*	41	43
27	36	36
FEVRIER.		
18	40	38
27	32	37½

Le premier Mars il gela, & il avoit gelé la veille; le thermométre de la chambre revint à 30, & celui de la cave à 37.

JUIN.		
5, *Grand chaud.*	83	45
JUILLET. *Très-grand chaud.*		
1	92 d.	49 d.
15	73	52
AOUT.		
18	89	54
24	68	56
DECEMBRE.		
15	21	32
31	20	28
JANVIER 1677.		
4, *Tems ſerain.*	10	26½°
5 / 7, *Très-grand froid, 8 lignes plus bas que le 1er. degré.*	5	26
13	4	24
Dégel 12 jours de ſuite.		
25	44	29

Le thermométre eſt ordinairement ſtationnaire aux mois de Février & de Septembre dans les caves fort profondes; le plus grand froid eſt depuis le 15 Janvier juſques au 1 Mars; & le plus grand chaud, depuis le 10 Août juſques au 15 Septembre.

Ces obſervations, qui ont été faites avec beaucoup d'exactitude, peuvent ſuffire pour faire connoître les différences du chaud & du froid des lieux ſoûterrains, & à différentes profondeurs, dans toutes les ſaiſons de l'année; & que les caves ſont réellement plus chaudes en Eté qu'en Hiver. Mais, parce que la plûpart des hommes ſont prévenus

Pourquoi les caves paroiſſent fraîches en Eté, & chaudes en Hiver.

d'une opinion contraire, à cauſe que les caves paroiſſent fraîches en Eté, & chaudes & fumantes en Hiver; il eſt à propos de rendre ici raiſon de ces apparences.

Il eſt certain que l'intérieur de la peau eſt plus chaud & plus ſenſible que l'extérieur, & par conſéquent, ſi les pores du cuir ſont fermés, le froid ſera bien moins ſenſible que lorſqu'ils ſont dilatés & ouverts, parce qu'en ce dernier état, l'air froid s'inſinue dans l'intérieur de la peau.

Ceux qui viennent des païs ſitués ſous la Ligne, commencent à trembler dès qu'ils approchent des côtes de *France*, même aux mois de Juin & de Juillet, & ils ſont quelquefois obligés de porter des habits d'hiver le reſte de l'Eté: dont la raiſon eſt, qu'aiant demeuré long-tems dans des païs chauds, les pores de leur peau, qui étoient continuellement ouverts, s'affermiſſent en cette diſpoſition, & perdent la faculté de ſe reſſerrer, & ne la reprennent que peu à peu, & par ce moïen l'air médiocrement chaud les ſurprend & s'y inſinue; & parce que l'intérieur de ces pores eſt très-chaud & très-ſenſible, une médiocre chaleur paroît froide. Or la même choſe doit arriver en *France* à ceux qui pendant les grandes chaleurs d'Eté deſcendent dans des lieux fort profonds où la chaleur eſt médiocre; car leurs pores étant fort ouverts, l'air médiocrement chaud s'y inſinue à l'abord juſques bien avant; ce qui leur fait ſouffrir un froid conſidérable.

On peut expliquer par des raiſons contraires la chaleur qui paroît dans les caves lorſqu'il gêle bien fort par les ruës. Et à l'égard des vapeurs qui en ſortent quelquefois comme des brouillards, il eſt aiſé de juger que rencontrant l'air froid qui eſt au-deſſus, elles ſe condenſent, & ne peuvent s'élever que lentement: c'eſt pourquoi il s'y en amaſſe beaucoup, & par ce moïen elles deviennent viſibles, au lieu qu'en Eté elles ſe diſſipent dès qu'elles ſont à l'air chaud; ce qui les rend inviſibles, par la même raiſon qu'il ne paroît qu'un peu de fumée au-deſſus du bois allumé, & que dès qu'il s'éteint, la fumée paroît très-épaiſſe, encore qu'en ce moment il n'en ſorte pas davantage du bois qu'auparavant.

Remarque ſur les raiſonnemens précédens.

Quoique les raiſonnemens ci-deſſus aient été faits dans la ſuppoſition que les caves ordinaires ne reçoivent point de chaleur des feux ſoûterrains, on pourroit s'en ſervir auſſi pour prouver des effets à peu près ſemblables, quand même les caves en recevroient quelque peu de chaleur. Car, lorſque celle du ſoleil pénétreroit juſques à 50 pieds ſous terre, elle augmenteroit celle qui y ſeroit déja par une autre cauſe; & quand en Hiver la chaleur produite par le ſoleil diminueroit peu à peu, la chaleur entière diminueroit auſſi: & par ce moïen on ne laiſſeroit pas de trouver dans les thermométres de ſemblables différences à peu près dans les mêmes tems, pourvû que la chaleur que les feux ſoûterrains y communiqueroient, n'excédât pas de beaucoup celle que le ſoleil y inſinue peu à peu, & qu'elle ne reçût point d'augmentation & de diminution ſenſible.

FIN. QUA-

QUATRIÈME ESSAI.
DE LA
NATURE
DES
COULEURS.

Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Royale des Sciences.

Digitized by Google

TRAITÉ DE LA NATURE DES COULEURS.

IL eſt difficile dans nos ſenſations de ne point confondre ce qui vient de la part des objets, avec ce qui vient de la part de nos ſens. La plûpart des hommes n'héſitent point à dire que le ſoleil eſt lumineux, que le feu eſt chaud, que les cordes de lut ont un ſon agréable; & cependant ces choſes n'agiſſent ſur nous que par quelques mouvemens, tout le reſte de leurs apparences vient de nous & nous doit être entièrement attribué. Cette vérité ſe connoît par pluſieurs expériences. Frottez pendant quelque tems le dedans de votre main avec quelque étoffe; vous ſentirez une chaleur entièrement ſemblable à celle que le feu fait ſentir quand on en eſt proche: preſſez avec le doigt un des coins de vos yeux pendant la nuit; vous verrez paroître vers le côté oppoſé comme un rond lumineux. Si on ſe heurte rudement la tête contre un mur; on apperçoit des éclairs & des lumières: & ſi on ferme les yeux après avoir regardé le ſoleil; on voit pendant quelque tems une eſpéce de lumière dont l'éclat s'efface peu à peu, prenant ſucceſſivement des couleurs moins vives, comme le rouge, le verd, le bleu & le violet. D'où il s'enſuit, que la lumière, la chaleur, & la plûpart des autres qualitez ſenſibles, ne ſont pas à parler proprement dans les objets; mais que ces apparences ſont déterminées par les modifications des organes de nos ſens, quelles que ſoient les cauſes de ces modifications. Il ſuit auſſi des mêmes expériences, qu'il eſt impoſſible de dire préciſément d'où vient que les objets nous font ſentir ce qu'ils nous font ſentir; par exemple, pourquoi la glace nous fait ſentir de la froideur, plûtôt que quelqu'autre ſentiment incommode: & la ſeule raiſon que nous pouvons donner dans des queſtions ſemblables, eſt, que les organes de nos ſens ſont naturellement diſpoſés à l'égard des objets d'une manière propre à recevoir leurs impreſſions telles que nous les reſſentons.

Ces choſes étant ſuppoſées, on voit évidemment qu'il n'eſt pas aiſé de bien parler des couleurs, c'eſt-à-dire, de bien expliquer leur nature, & les cauſes particulières de leurs diverſitez & de leurs changemens; & que tout ce qu'on peut eſpérer dans un ſujet ſi difficile, c'eſt de donner quelques

quelques régles générales, & d'en tirer des conſéquences qui puiſſent etre de quelque utilité dans les arts, & ſatisfaire un peu le déſir naturel que nous avons de rendre raiſon de tout ce qui nous paroît.

Pour ſuivre un ordre en cette matière, je conſidére de deux ſortes de couleurs: La premiére eſt de celles que la lumière reçoit, quand elle paſſe par quelque corps tranſparent ſans couleur, comme quand elle paſſe au travers d'un priſme triangulaire de verre ou d'une goute d'eau: La ſeconde eſt de celles qu'on voit ſur les corps illuminés & ſur quelques corps lumineux. C'eſt pourquoi je diviſerai ce Traité en deux Parties.

Dans la premiére je parlerai des couleurs de la premiére eſpéce, que quelques-uns appellent apparentes, dont les plus célébres ſont celles de l'arc-en-ciel & des parelies.

Dans la ſeconde je tâcherai d'expliquer en quelque façon les cauſes des couleurs qu'on appelle ordinairement fixes ou permanentes, comme ſont celles qui paroiſſent dans la flamme d'une chandélle, dans les plumes des oiſeaux, dans les étoffes, dans les fleurs, &c.

PREMIÈRE PARTIE.

IL eſt impoſſible d'établir aucune ſcience dans les choſes naturelles que par des expériences exactes, & pour ſuivre une bonne méthode il faut commencer par celles qui ſont les plus ſimples, & qui peuvent ſervir de principes & de régles pour expliquer les autres.

Pour faire avec exactitude les expériences néceſſaires pour connoître d'où procédent les couleurs de l'arc-en-ciel, & toutes les autres de la même eſpéce, il faut avoir une chambre expoſée au ſoleil pendant deux ou trois heures de ſuite: on en fermera les fenêtres, & on y laiſſera ſeulement une ouverture ronde ou quarrée d'environ un pouce de largeur, à laquelle on appliquera une petite lame de cuivre, ou de fer blanc, percée de quatre ou cinq trous ronds inégaux, dont le plus grand doit être de trois ou quatre lignes de diamétre, & le moindre d'environ une demi ligne: on ſe ſervira du quel on voudra ſelon qu'on aura beſoin de plus ou de moins de lumière, & on prendra garde que leurs bords ne ſoient pas luiſants, de peur qu'ils ne faſſent des réflexions incommodes; pour cet effet on pourra les enduire de quelque teinture noire qui n'ait point d'éclat.

SUPPOSITIONS.

I.

LA lumière du ſoleil paſſant par une ouverture circulaire dans un lieu obſcur & étant reçûe ſur une ſurface platte expoſée directement au ſoleil & parallele à l'ouverture; chaque point de cette ouverture eſt le ſommet de deux cones de lumière oppoſés, & ſemblables, dont l'un a pour baſe le diſque du ſoleil,

& l'autre un cercle dans la ſurface platte; mais ce cercle eſt moindre que le cercle illuminé qui paroît ſur cette ſurface, & la différence des diamétres de ces cercles eſt toûjours égale au diamétre de l'ouverture, quelque diſtance qu'il y ait entre l'ouverture & la ſurface.

EXPLICATION.

TAB. V. Fig. 1.

AIB repréſente un diamétre du diſque du ſoleil dont I eſt le centre. CED eſt le diamétre d'une ouverture circulaire par où paſſe la lumière du ſoleil. EC eſt égale à ED. FLG eſt la ſection d'une ſurface platte oppoſée directement au ſoleil & parallele à l'ouverture CD. FL eſt égale à LG. IL eſt un rayon du centre du ſoleil; le rayon AS vient de l'extrémité A; & le rayon BH vient de l'autre extrémité B; ces trois rayons paſſent par le point E; le cone de lumière dont le triangle HES eſt la ſection, ſera ſemblable au cone de lumière dont le diſque du ſoleil eſt la baſe, & le point E le ſommet; & ſi l'angle AEB eſt de trente-deux minutes, l'angle HES ſera auſſi de 32 minutes; le point E eſt pris ici pour une très-petite ouverture, par où paſſe la lumière du ſoleil: & parce que les rayons qui partent d'un même point du ſoleil, ſont ſuppoſés paralleles entre eux à cauſe de ſon grand éloignement; il paſſera par les points C & D, deux rayons, CR, DG, venant du point A, paralleles à AES; & deux autres, CF, DK, venant du point B, paralleles à BEH: les cones de lumière dont les triangles FCR & GDK ſeront les ſections, ſeront auſſi ſemblables au cone dont AEB eſt la ſection, & toute la lumière qui paſſera par l'ouverture CD étant reçûe ſur la ſurface platte, aura pour baſe un cercle illuminé dont FG ſera le diamétre & le point L le centre: les points P & *q* où tombent les rayons CP, D*q*, paralleles à IEL, ſeront les centres des cercles qui auront pour diamétres RF, GK; le cercle intérieur dont RK eſt le diamétre, recevra une lumière ſenſiblement égale en toutes ſes parties; mais l'illumination de l'anneau dont FK eſt la largeur, ira toûjours en diminuant depuis la circonférence qui paſſe par R & K juſques à celle qui paſſe par G & F, & elle ſera une eſpéce de pénombre à l'égard du cercle intérieur dont RK eſt le diamétre

Que ſi la même lumière eſt reçûe en NMO, le point M qui eſt ſuppoſé dans l'interſection des rayons CR, DK, recevra un rayon de chaque point du ſoleil; le point O ſera illuminé par le ſeul point A; & le point N, par le ſeul point B: & dans toute la ſection CDONC, il ſe fera trois triangles de lumière ſemblables, ſçavoir CMD, qui aura une lumière entière; & NCM & MDO, qui ſeront des pénombres, dont la lumière ira toûjours en diminuant depuis le point M juſques aux extremitez N & O. Si on reçoit la même lumière en V *x y* Q, il y aura une illumination entière en la partie *x y*, & deux pénombres en V *x* & *y* Q, & toute la ligne VQ ſera le diamétre d'un cercle qui aura dans

dans ſon milieu un cercle entiérement illuminé, dont x y ſera le diamétre; le reſte de l'illumination depuis les points x & y ira toûjours en diminuant juſques à la circonférence qui paſſera par les points V & Q.

Il eſt encore manifeſte, qu'à quelque diſtance que ſoit la ligne FG, la largeur de l'anneau compris entre les circonférences qui paſſent par KR & FG, ſera toûjours égale, à cauſe que le rayon CF eſt parallele à DK, & DG à CR. Mais les cercles intérieurs dont les circonférences paſſent par K & R, augmenteront de grandeur ſelon la raiſon doublée des diſtances depuis le point M: la grandeur du diamétre SH ſera à la ligne LE, à peu près comme 1 à 108, ſi l'angle HES eſt de 32 minutes, c'eſt-à-dire que, ſi la diſtance ES eſt de neuf pieds, HS ſera d'environ un pouce; ce qui ſe calcule facilement par les tables des ſinus.

On trouvera la grandeur HS, en ôtant de toute la baſe illuminée la grandeur de toute l'ouverture CD, ſçavoir FH égale à EC, & GS égale à ED. Il eſt encore manifeſte que la diſtance EM diminue & augmente ſelon la proportion de l'ouverture CD.

Pour connoître ces choſes plus préciſément, on peut conſidérer que chaque point de la lumiére qui eſt entre CD & FG, eſt le ſommet d'un cone qui a pour baſe cette ouverture; & ſuppoſer que ces cones ſoient prolongés juſques au ſoleil qui eſt repréſenté par chacun des cercles égaux ABCD, $abcd$, $\alpha\beta\gamma\delta$, qui ont pour centre le point E. Cela étant conçû, il eſt évident que, ſi le point M de la premiére figure eſt le ſommet de l'un de ces cones, le diſque entier du ſoleil ABCD ſera la baſe du cone prolongé, dont la ſection eſt MCD, & que ce point M ſera illuminé par toutes les parties de ce diſque: les diminutions d'illumination depuis le point M juſques aux points N & O ſeront connues, ſi on diviſe MN ou MO en pluſieurs parties égales, & le diamétre DB de la ſeconde figure en pareil nombre de parties auſſi égales entr'elles; car ſuppoſant, par exemple, que les lignes MN de la premiére figure, & DB de la ſeconde figure, ſoient diviſées également l'une au point T, & l'autre au point E, la baſe du cone prolongé, dont le point T ſera le ſommet, ſera le cercle GEFH paſſant par le point E, & par conſéquent le point T ne ſera illuminé que par la partie du ſoleil GEFD. TAB. V. Fig. 2. 3. 4. TAB. V Fig. 2.

Si on diviſe la ligne ED de la ſeconde figure en deux parties égales au point I, & qu'on prenne le milieu de la ligne TN pour le ſommet d'un autre cone; la circonférence de la baſe du cone paſſera par le point I, & le milieu de la ligne TN ne ſera illuminé que par la partie LImD de la ſeconde figure. On trouvera de la même maniére quelle ſera l'illumination de tous les autres points de la ligne NMO.

Que ſi la ligne QV dans la premiére figure eſt diviſée également au point u, & qu'on prenne ce point pour le ſommet d'un autre cone; la baſe de ce cone prolongé ſera comme le grand cercle LNM à l'égard du

TAB.V. Fig. 3. du cercle *a b c d* dans la troiſième figure, c'eſt-à-dire que, ſi l'angle C *u* D de la première eſt de 64 minutes, le diamétre du cercle L N M ſera double du diamétre *d* E *b*. On connoîtra les diminutions d'illumination dans les pénombres *x* V ou *y* Q, ſi on diviſe le diamétre *d* E *b* en pluſieurs parties égales, & la ligne *x* V en pareil nombre de parties égales entre elles: car le point *x* étant le ſommet du cone prolongé, ſa baſe touchera extérieurement le cercle *a b c d* au point *b* comme on le voit dans la figure, & le point *x* ſera illuminé par tout le ſoleil repréſenté par le cercle *a b c d*; mais le point qui eſt en égale diſtance des points *x* & V, ne ſera illuminé que par la partie *a E c d a*: *a E c* eſt un arc du grand cercle, & *a d c* eſt un arc du petit cercle. L'illumination des autres points des lignes *x* V & *y* Q ſe trouvera de même.

Enfin la lumiere étant reçûe à la diſtance E L ſur la ligne F L G de la premiére figure, le point L ſera le ſommet d'un cone de lumiére, dont l'ouverture C D ſera la baſe, & la baſe du cone prolongé ſera à

TAB.V. Fig. 4. l'égard du cercle $\alpha \beta \gamma \delta$ qui repréſente le ſoleil en la quatriéme figure, comme le petit cercle P R Q, qui lui eſt concentrique, eſt à ce cercle; & par conſéquent le point L ne ſera illuminé que par cette partie du ſoleil.

Pour connoître la proportion de ces cercles dans les différentes diſtances, on remarquera que l'angle E M D dans la premiére figure, étant de 16 minutes, l'angle D *b* E ſera de 8 minutes, ſi la ligne M *b* eſt égale à la ligne D M, parce que l'angle extérieur E M D ſera égal aux deux intérieurs M *b* D, M D *b*. Par les mêmes raiſons, ſi la ligne *b* L eſt égale à la ligne ponctuée D *b*, l'angle E L D ne ſera que de quatre minutes, & alors le petit cercle P R Q, par lequel le point L ſera illuminé, ne ſera que la 16e. partie du cercle $\alpha \beta \gamma \delta$, parce que ſon diamétre ne ſera que de 8 minutes qui eſt le quart de 32: d'où il s'enſuit que le point M ſera 16 fois plus illuminé que le point L. Mais parce qu'en ces grandes diſtances la ligne L D eſt ſenſiblement égale à la ligne L E, à cauſe de la petiteſſe des angles, je conſidére ici ces lignes comme égales pour la facilité du calcul, & je ſuppoſe que ces différentes illuminations ſont l'une à l'autre en raiſon doublée réciproque des diſtances, c'eſt-à-dire que, ſi la ligne E L eſt quadruple de la ligne E M, le point L ſera 16 fois moins illuminé que le point M, & ainſi dans les autres diſtances à proportion: je ſuppoſe auſſi que le point K eſt autant illuminé que le point L; car encore que le cone de lumiére qui aboutit au point L, ſoit droit, & que celui qui aboutit au point K, ſoit oblique, aiant pour baſe le petit cercle $\alpha \beta \delta$ qui touche au point δ le diſque du ſoleil repréſenté par le cercle $\alpha \beta \gamma \delta$, cette obliquité eſt trop petite pour faire une différence conſidérable dans les illuminations. On pourra connoître les diminutions d'illumination dans la pénombre K F par les interſections du cercle $\alpha \beta \gamma \delta$ & du petit cercle P R Q dans la 4e. figure, de la même manière que dans la deu-

deuxième & dans la troiſième figure. Ainſi le point H ne ſera illuminé que par la partie λνηδλ, parce que la baſe PRQ du cone prolongé aura alors ſon centre au point δ du grand cercle αβγδ.

On appellera toute la lumière qui paſſera par l'ouverture CD, un raïon ſolide de lumière, à quelque diſtance qu'elle s'étende; mais le raïon qui d'un ſeul point lumineux paſſe par un ſeul point comme E, s'appellera un raïon de lumière ou une ligne de lumière. La figure marquée 1 2 3 repréſente à peu près le véritable écart des parties extrêmes d'un raïon ſolide du ſoleil qui a paſſé par une ouverture *a e c* de deux lignes: ſi la diſtance *e d* eſt de 18 pouces, *d* ſera le point où ſe rencontreront les lignes *a a*, *c c*, & repréſentera le point M de la première figure; & la ligne *c a d c a*, qui eſt le diamétre du cercle illuminé, & qui repréſente la ligne FG, ſera de quatre lignes.

Le Pere *Grimaldi*, dans un livre où il traite de la lumière & des couleurs, ſoûtient, que les raïons du ſoleil paſſant par un petit trou ne gardent pas une rectitude exacte, mais qu'ils ſoufrent une réfraction qu'il appelle diffraction; & pour le prouver, il rapporte une expérience qu'il dit avoir faite avec un petit corps opaque mis à une certaine diſtance entre la petite ouverture & la ſurface platte qui reçoit la baſe du cone de lumière, dans laquelle expérience il dit que l'ombre entière & les pénombres, cauſées par ce corps opaque, étoient beaucoup plus grandes qu'elles n'euſſent dû être ſi les raïons s'étendoient en lignes droites. Il dit auſſi qu'il y avoit des couleurs ſemblables à celles de l'arc-en-ciel au-delà des pénombres; mais dans toutes les expériences que j'ai faites avec pluſieurs perſonnes fort exactes, on n'a jamais rien apperçû de ſemblable. Pour éclaircir ces difficultez, on pourra conſidérer la cinquième figure, & l'appliquer aux expériences qu'on fera ſur ce ſujet. CD eſt une ouverture de deux lignes: la ligne AB repréſente le diamétre du ſoleil: les lignes DK, CF, ſont des raïons qui viennent de l'extrémité du diamétre marquée A: CR, DG, ſont des raïons de l'autre extrémité B; ces raïons ſont pris pour paralleles à cauſe du grand éloignement du ſoleil, comme il a été expliqué dans la premiére figure: je ſuppoſe que le petit corps opaque HIP eſt de 4 lignes de diamétre, & qu'il eſt au milieu de la diſtance depuis l'ouverture CD juſques à la ligne FG, qui eſt le diamétre du cercle illuminé par la lumière du ſoleil qui paſſe par l'ouverture CD: FG eſt diviſée également en L, & CD en E: EIL eſt une ligne droite qui repréſente un raïon qui vient du centre du ſoleil: & parce que CD eſt de deux lignes de largeur, le raïon qui du point E paſſera par H & tombera en M, ſera LM de quatre lignes, puiſque EL eſt double de IL; & CH continuée tombant au point N, ſera MN d'une ligne, à cauſe que le point H ſera le ſommet de deux triangles ſemblables & égaux EIC & MHN. Par les mêmes raiſons, le raïon DH tombant en O, ſera MO d'une ligne; mais ce raïon DHO ne viendra pas de l'extrémité du ſoleil A, mais de quelque autre point TAB. V. Fig. 5.

comme T ; & le point O ſera illuminé de la même manière que ſi le corps opaque I I P étoit ôté : la ligne L N qui ſera la moitié de l'ombre entière, aura trois lignes de largeur, & la pénombre N O ſera de deux lignes : le raïon D K parallele à C F, ſera F K de deux lignes pour la largeur d'une autre pénombre dont K ſera l'extrémité la moins obſcure, & entre K & O la lumière ſera ſenſiblement égale dans tous les points, comme il a été expliqué dans la première figure, & de même que ſi le corps opaque étoit ôté. La même choſe arrivera de l'autre part du point L, & l'ombre entière du corps opaque I I P ſera de ſix lignes, la largeur de l'anneau de la pénombre de cette ombre entière ſera de deux lignes ; mais on aura de la peine à diſcerner ſes extrémitez. Que ſi on met le corps opaque plus près de la ſurface F G, il eſt manifeſte que les diſtances L N, N O, deviendront moindres, & que lorſqu'on l'approchera de l'ouverture C D, elles deviendront plus grandes, & qu'enfin le point O pourra tomber entre K & F, & en ce cas les points K & O ſeront beaucoup moins illuminés que dans la première poſition de ce corps opaque. On pourra faire un calcul ſemblable au calcul ci-devant, pour trouver ces grandeurs & ces illuminations ; & quand on ſera les expériences bien juſtes, on les trouvera toûjours conformes à l'hypothèſe de la rectitude des raïons & ſans aucune diffraction, comme je les ai trouvées par pluſieurs obſervations exactement faites avec des perſonnes fort intelligentes.

II. SUPPOSITION.

UN raïon paſſant d'un corps tranſparent dans un autre de différente tranſparence, comme de l'air dans l'eau ou de l'eau dans l'air, réfléchit une partie de ſa lumière, faiſant l'angle de la réflexion égal à celui de l'incidence : & ce même raïon diminué de lumière continue à s'étendre ſelon la même ligne droite, ſi l'incidence eſt perpendiculaire ; mais ſi elle eſt oblique, il fait une inflexion ou courbure que les Opticiens appellent ordinairement réfraction. La réflexion & la réfraction ſe font en un même point de la ſurface commune aux deux corps tranſparens.

III. SUPPOSITION.

LEs raïons qui paſſent obliquement d'un corps tranſparent rare comme l'air, dans un autre plus denſe comme l'eau ou l'eſprit de vin ou le verre, font leurs réfractions du côté de la perpendiculaire qui paſſe par le point d'incidence ; & ceux qui paſſent obliquement de ces corps tranſparens dans l'air, font leurs réfractions en s'éloignant de la même perpendiculaire : mais ſi l'incidence eſt trop oblique, ces raïons ſe réfléchiront entièrement, & ne paſſeront point dans l'air.

EXPLI-

EXPLICATION.

ABC eſt un raïon de lumière, paſſant par le milieu d'une petite ouverture, & tombant obliquement ſur la ſection DCE d'une ſurface d'eau: FCG eſt la perpendiculaire qui paſſe par le point d'incidence C: ce raïon diminué de lumière par la réflexion CN, au lieu de continuer ſelon la ligne droite BCH, ſe détourne par la rencontre de l'eau, & fait la réfraction BCI telle, que les lignes BD, FCG, étant perpendiculaires à la ligne DCE, le raïon s'avancera dans l'air à l'egard de la ſurface de l'eau de la longueur de la ligne GI parallele à DCE & égale aux trois quarts de DC, ou BF, pendant qu'il parcourra les lignes égales BC, CI; mais ſi DCE eſt la ſection d'une ſurface de verre, la ligne GI ſera ſeulement les deux tiers de BF, & réciproquement ſi IC eſt un raïon qui par réflexion ou autrement tombe ſur DCE, il ſe rompra en paſſant dans l'air, ſelon la même ligne CB. Les Géométres appellent ces lignes BF, GI, les ſinus des angles BCF, GCI, & l'expérience fait voir à peu près, que quelque angle que le raïon d'incidence faſſe avec la perpendiculaire FCG, ſon ſinus ſera au ſinus de l'angle que le raïon rompu fait avec la même perpendiculaire, comme 4 eſt à 3, ſi la lumière paſſe de l'air dans l'eau; mais ſi elle paſſe de l'air dans un verre, ces ſinus ſeront entre eux comme 3 à 2, & quoiqu'on ne puiſſe faire ces obſervations dans la dernière préciſion, on ſuppoſe ici cette régle à la rigueur, pour faciliter les calculs des réfractions. On trouvera ſuivant cette régle par le moïen des tables des ſinus, que ſi l'angle BCF eſt de 90 degrez moins une ſeconde ou une tierce, en ſorte que le raïon ABC raſe à fort peu près la ſurface de l'eau DCE, l'angle ICG qu'on appellera l'angle diminué, parce qu'il eſt moindre que l'angle d'incidence BCF, ſera de 48d, 35′ à fort peu près: & par conſéquent, que l'angle ECI ſera de 41d 25′, & que dans le verre l'angle GCI ſera de 41d 48′ à peu près, & l'angle ECI de 48d 12′; d'où l'on connoîtra que, ſi IC eſt un raïon d'incidence faiſant avec la ligne ECD un angle de 41d 25′ dans l'eau, & de 48d 12′ dans le verre, il raſera en paſſant dans l'air la ligne DC, & que ſi ces angles ſont de 41d 24′ pour l'eau, & de 48d 11′ pour le verre, les raïons ne paſſeront point dans l'air, mais ils ſe réfléchiront entiérement. Il eſt bon de remarquer ici que, lorſque les angles ICG ſont fort obliques, les raïons rompus s'écartent beaucoup plus les uns des autres que les raïons d'incidence. Soit, par exemple, l'angle d'incidence ICG de 41d 11′ dans le verre, on trouvera dans les tables des ſinus, que le ſinus de cet angle eſt 65847, dont la moitié eſt 32923 ½, qu'il faut ajoûter à ce ſinus pour avoir l'angle augmenté; la ſomme ſera 98770 ½, qui eſt le ſinus de 81d 1′ à peu près, pour l'angle BCF, & l'angle reſtant BCD ſera de 8d 59′ à peu près: mais, ſi on ajoûte à l'angle ICG, l'angle LCI de 32″,

TAB. VI. Fig. 6.

l'angle L C G ſera de 41^{d} 43′, dont le ſinus eſt 66544 ; ſa moitié eſt 33272 ; leur ſomme 99816, ſinus de l'angle augmenté F C M de 86^{d} 31′ 30″ ; & l'angle reſtant M C D ſera de trois degrez 28′ 30″ : donc l'angle B C M ſera de 5^{d}, 30′, 30″, lequel par conſéquent ſera plus de dix fois plus grand que l'angle L C I.

On peut remarquer auſſi, qu'encore que l'huile & l'eſprit de vin ſoient de liqueurs plus légéres que l'eau, la réfraction ne laiſſe pas d'y être plus grande, & qu'elle approche de celle qui ſe fait dans le verre. On en ſera aiſément l'expérience par le moïen d'une petite phiole bien ronde, TAB. VI. Fig. 7. repréſentée par A B C D dans la figure ſeptiéme. On l'emplit ſucceſſivement d'eſprit de vin & d'eau, & on fait tomber deſſus un trés-petit raïon ſolide F *s* parallele au diamétre A B, en ſorte que ſi C D eſt un autre diamétre, & A C un quart de cercle, le point *s* ſoit très-prés de C : car on verra quand la phiole ſera pleine d'eau, que le raïon ſe rompra comme en I, ſe réfléchira en K, puis en L, & en M, ſi ces quatre ſoûtendantes *s* I, I K, K L, L M, ſont égales entre elles ; mais ſi la phiole eſt pleine d'eſprit de vin, le même raïon F *s* ſe rompra au-delà du diamétre A B comme en E, & ſe réfléchira en G, puis en H, fort prés du point M ; ce qui ſera voir manifeſtement, que la réfraction des raïons eſt plus grande dans l'eſprit de vin que dans l'eau. On pourra par la même méthode obſerver les réfractions des raïons dans les autres liqueurs inflammables, & même dans les eaux fortes, comme l'huile de vitriol, l'eſprit de ſalpêtre &c.

IV. SUPPOSITION.

Les raïons qui d'un même point lumineux dans une diſtance convenable paſſent par l'ouverture de l'Uvée d'un œil bien diſpoſé, ſe réünifſent au fond de l'œil, en un point de la ſurface concave de la membrane, appellée Choroïde ; & ce point lumineux paroît toûjours & eſt vû dans la ligne perpendiculaire à celle qui touche la Choroïde en ce point de réünion : mais ſi la diſtance eſt trop petite ou trop grande, les raïons d'un même point ne ſe réünifſent pas en un même point, & on voit l'objet confuſément.

EXPLICATION.

TAB. VI. Fig. 8. A dans la figure 8e, eſt un point lumineux. *c d* P H V *e* eſt la ſection de la choroïde, qu'on ſuppoſe être le véritable organe de la viſion & non la rétine, pour pluſieurs raiſons ; dont la principale eſt, qu'il ne ſe fait point de viſion ſur la baſe du nerf optique, quoique la rétine y ſoit étendue & diſpoſée comme aux autres endroits dans le fond de l'œil, & que le défaut de viſion ſe fait préciſément dans l'étenduë de cette baſe, que la choroïde ne couvre point. G eſt la ſection du criſtallin. *e d* eſt l'ouverture qu'on appelle ordinairement la prunelle ; elle eſt entre la cornée

cornée & le criſtallin; mais on n'a pas repréſenté la cornée dans la figure, ni les réfractions qui s'y font, ni même celles qui ſe font dans le criſtallin, pour éviter la multiplicité des lignes. *Ad*, *Ac*, *Ae*, ſont trois raïons du point A, l'un deſquels, ſçavoir *Ac*, eſt ſuppoſé être dans l'axe de la vûë *AcH*, c'eſt-à-dire, dans la ligne qui paſſe par le milieu de la cornée & du criſtallin; ces trois raïons après avoir traverſé la cornée paſſent par la prunelle de l'œil, & enſuite par le criſtallin G, & ſe reüniſſent au point H ſur la choroïde. *f Hf* touche la choroïde au point H, & la ligne HA lui eſt perpendiculaire; le point A ſera vû dans cette ligne, & s'il n'y a quelque point lumineux vers D, & que ſes raïons ſe reüniſſent au point *r*, on verra ce point lumineux dans la ligne *rx* D, ſi elle eſt perpendiculaire à la ligne S *r* T qui touche la choroïde au point *r*.

Pour rendre l'explication plus facile, on ſuppoſe ici que la concavité de cette membrane eſt ſphérique dans l'eſpace VOHP*r*, ſoit qu'elle le ſoit préciſément ou à peu près; & que le point *x* eſt le centre de cette concavité: & par conſéquent toutes les lignes dans leſquelles on voit les points lumineux, paſſent par ce point *x*. Suivant cette ſuppoſition, la ligne viſuelle *r* D paſſe par le point *x*, la ligne H *c* A, dans laquelle on voit le point A, paſſera auſſi par le même point *x*, que j'appelle le centre de la vûë: cela étant, il eſt manifeſte que, ſi la diſtance du point lumineux eſt trop petite & qu'il ſoit au point K, alors les raïons K*e*, K*c*, K*d*, tomberont en différens endroits de la choroïde comme aux points O, H, P, & ne ſe réüniront point en H, à cauſe de leur trop grande divergence ou écart, & alors le point K ſera vû ſelon les lignes viſuelles O*x*M, H*x*K, P*x*N, quoiqu'il ne ſoit qu'en la ligne H*x*K; les autres raïons de ce point le feront encore voir dans d'autres lignes viſuelles, d'où il s'enſuit qu'il ne ſera point vû diſtinctement.

Cette quatriéme Suppoſition ſe prouve par pluſieurs expériences. Aïez un petit papier *q* R, pereé d'un petit trou: mettez une petite épingle au-devant, de maniére que la tête de l'épingle ſoit comme au point K dans la ligne H*x*K, où ſoit auſſi le trou du papier; alors le raïon K *c* H tombant en H, fera voir la tete de l'épingle dans la ligne viſuelle H *x c* K: que ſi on baiſſe un peu le papier pour faire paſſer le petit raïon K *e* par le même trou, ce raïon aiant traverſé le criſtallin ſe rompra comme en O, plus bas que le point H; & alors la tête de l'épingle paroîtra plus haut que le point K, comme en M, dans la ligne viſuelle O *x* M: que ſi le trou eſt mis plus haut pour y faire paſſer le raïon K *d*, le raïon ſe rompra plus haut que le point H, comme en P; & la tête de l'épingle ſera vûe plus bas que le point K, comme en N, dans la ligne P *x* N: que ſi on fait trois petits trous dans le papier, en ſorte que le petit cercle qui paſſe par leurs centres, ſoit moindre que l'ouverture de la prunelle, alors ſi on met l'œil près de ces trous, & que la tête de l'épingle demeure en K, elle paroîtra en trois endroits; ce

qui fait connoître évidemment que les raïons qui de cet objet paſſent par ces trous, tombent ſur divers points de la choroïde, & qu'il y a trois lignes, dans chacune deſquelles on voit la tete de l'épingle. On pourra remarquer auſſi, que ſi on éloigne peu à peu l'épingle le long de la ligne K A, ces trois apparences paroîtront s'approcher peu à peu l'une de l'autre, & enfin on trouvera une diſtance où il n'en paroîtra plus qu'une; ce qui arrivera lorſque pluſieurs raïons d'un même point ſe réüniront au point H. Mettez encore la même tête d'épingle, ou quelqu'autre petit objet opaque moindre en largeur que la prunelle, dans la ligne A C, à trois ou quatre lignes de diſtance de l'œil, & un autre très-petit objet fort clair en A; il eſt évident que le petit corps opaque empêchera la plûpart des raïons de l'objet A de paſſer dans l'œil, & qu'il n'y aura que ceux qui tomberont vers les extrémitez de la prunelle, comme A *e*, A *d*, qui y paſſeront; & cependant on ne laiſſera pas de voir le milieu de cet objet dans la ligne viſuelle H *x* A, quoiqu'elle paſſe par le milieu du petit corps opaque; ce qui ne peut procéder que de ce que tous les raïons qui paſſent près de l'extrémité de la prunelle, ſe réüniſſent au point H, la diſtance A C étant convenable: d'où l'on peut juger facilement, qu'il ſuffit que le point H ſoit touché ſenſiblement par la réünion de quelques raïons obliques, pour faire paroître le point objectif A dans la ligne H *x* A. C'eſt par la même cauſe que, lorſque dans un lieu fort obſcur on leve l'œil en haut, & qu'on le frotte un peu rudement vers le bas, on voit paroître un éclat de lumière du côté du front, & que ſi on le frotte vers un des coins, on voit paroître une autre lumière vers le coin oppoſé.

Par toutes ces expériences on peut être convaincu, qu'un point de la choroïde étant touché ſenſiblement doit faire paroître quelque lumière ou quelque couleur dans la ligne viſuelle tirée de ce point par le centre de la vûë. Par-là on peut connoître d'où vient qu'on voit les objets dans leurs véritables ſituations, quoique leurs images ſoient renverſées dans le fond de l'œil: car, par exemple, ſi le point A eſt le haut d'un arbre & le point D le deſſous, ſon image ſera comme en H *r* ſur la choroïde, & par conſéquent en une ſituation renverſée; mais le point D paroiſſant dans la ligne *r x* D au dehors de l'œil, & le point A dans la ligne H *x* A, ce point A ſera vû néceſſairement plus haut que le point D, & par ce moïen l'arbre paroîtra dans ſa véritable ſituation. On peut auſſi juger qu'un objet médiocrement éloigné comme A, doit paroître dans l'endroit où il eſt, quand on le regarde avec les deux yeux: car chaque œil dirige ſon axe vers un point de cet objet, & par ce moïen les raïons qui paſſent dans l'œil ſe réüniſſent dans le point de la choroïde où aboutit cet axe, ſçavoir au point H; & par conſéquent l'un des yeux le verra dans ſon axe H *e*; & par la même raiſon l'autre œil le verra dans ſon propre axe: d'où il s'enſuit qu'il ſera vû au point de l'interſection de leurs deux axes, qui eſt celui où il eſt.

Il

Il eſt bon de remarquer ici que, lorſqu'on regarde avec les deux yeux un objet médiocrement éloigné, on juge aſſez bien & à peu près à quelle diſtance il eſt, & enſuite quelle eſt ſa grandeur: mais avec un ſeul œil, on n'en juge pas ſi bien; d'où vient que de diverſes perſonnes qui regardent une planéte par une même lunette d'approche, ceux qui jugent cette planéte fort proche de l'oculaire, la jugent fort petite, & ceux qui la jugent bien loin au-delà de l'objectif, la jugent fort grande. La même choſe arrive à ceux qui ſe regardent d'aſſez près dans un grand miroir concave: car, s'ils ferment un œil, leur viſage leur paroît médiocrement grand, à cauſe qu'ils le jugent dans la ſurface du miroir; & s'ils le regardent avec les deux yeux, il leur paroît beaucoup plus grand, parce qu'il paroît alors bien avant dans le miroir. La lune paroît beaucoup plus grande, quand elle eſt au bord de l'horiſon, que quand elle eſt fort élevée; parce que les objets qu'on voit diſtinctement proche du lieu où elle ſe leve, comme des maiſons ou des arbres, dont les grandeurs ſont connues à peu près, & qui paroiſſent moins éloignées qu'elle, la font juger fort éloignée, & par conſéquent fort grande en la comparant à ces objets: c'eſt par la même raiſon que ſi un objet dont la grandeur n'eſt pas connue, eſt imaginé à une petite diſtance, il paroîtra petit; & s'il eſt imaginé à une grande diſtance, il paroîtra grand.

PREMIÈRES EXPÉRIENCES POUR LES COULEURS CAUSE'ES PAR LA REFRACTION.

Aïez un vaiſſeau large d'environ un pied, comme ABCD: mettez-y de l'eau fort claire & nette, dont la ſurface ſuperieure GFHI ſoit 4 ou 5 pouces plus haute que le fond BC; faites-y tomber fort obliquement un raïon ſolide EFGH par un trou de quatre lignes de diamétre, qui ſoit aſſez près de la ſurface de l'eau: vous verrez premièrement, que ce raïon réfléchira une partie de ſa lumière vers OP, faiſant l'angle OFI égal à l'angle EFG, ſelon la deuxième Suppoſition; & qu'étant reçû en OP, ſur du papier blanc, ſa lumière ſera blanche & ſans aucune couleur. Vous remarquerez enſuite, que le même raïon EFGH diminué de lumière entrant dans l'eau ſe courbera, ainſi qu'il a été expliqué dans la 2e. & la 3e. Suppoſition; & qu'étant reçû au fond de l'eau ſur une ſurface blanche en NLMK, ſa lumière ſera de diverſes couleurs, ſçavoir d'un rouge jaunâtre vers KM, dans le dehors de la courbure, & d'un bleu foible vers NL, dans l'autre extrémité du raïon, & que l'eſpace du milieu entre L & M paroîtra blanc. J'appelle ici l'extrémité courbe GHK la convexité de la courbure du raïon ſolide, & l'autre extrémité EFN, ſa concavité. Il faut entendre dans cette figure & dans les ſuivantes, que le raïon FN vient de la partie ſupérieure du ſoleil, & que le raïon HK vient de la partie in- TAB. VI. Fig. 9.

inférieure, comme il a été expliqué dans la première Suppoſition.

Aïez encore un priſme de verre, dont la baſe ſoit ſemblable au triangle ABC, aiant l'angle BAC de 40 degrez, afin que recevant directement ſur la ſurface repréſentée par AB, le même raïon ſolide EFGH, qu'on ſuppoſe ici de ſix lignes de largeur, il paſſe ſans ſe rompre juſques en ID, & qu'il puiſſe repaſſer dans l'air; ce qui arrivera ſuivant la 3e. Suppoſition: car l'angle IFA étant droit, l'angle AIF ſera de 50d, & par conſequent ce raïon paſſera dans l'air en ſe rompant du côté de l'angle C, comme en ILDO, & l'angle CDO ſera à peu près de 14 degrez. Or, ſi on reçoit ce raïon ſur du papier blanc parallele à la ſurface repreſentée par AB, on obſervera: 1°. Si le papier eſt à 7 ou 8 pouces de diſtance de la ligne ID, on verra du rouge entre L & M, du jaune entre M & K, l'eſpace KS paroîtra blanc, SN bleu, & NO violet. 2°. La même lumière étant reçûe à environ trois pieds de diſtance, le violet & le jaune auront plus d'étenduë que le rouge & le bleu, & toute la lumière reçûe ſur le papier ſera d'une figure ovale, comme la petite figure *a b*, où ſont repréſentés à peu près les intervalles des couleurs; *a e f* eſt le rouge, *e d* le jaune, *c b* la pure lumière blanche, *g l* le bleu, & *i l b* le violet; on appellera la ligne *a b*, le diamétre ſelon l'ordre des couleurs. 3°. A une petite diſtance au-deſſous de quatre pouces il ne paroîtra point de rouge ni de violet, mais ſeulement du jaune du côté du point I, & du bleu vers l'autre extrémité de la lumière; on ne voit auſſi ni rouge ni violet au fond de l'eau dans l'expérience de la 9e. figure, où ce fond n'eſt éloigné de la ſurface ſupérieure, que de 4 ou 5 pouces; & dans toutes les petites diſtances au-deſſous de deux pouces, la lumière reçûe ſur le papier paroît toute blanche, ou preſque toute blanche. 4°. On pourra remarquer qu'à une diſtance d'environ 4 pieds il ne paroît plus de blanc, mais du rouge, du jaune, du bleu & du violet; & même dans une diſtance de 10 ou 12 pieds, le jaune & le bleu s'avancent l'un ſur l'autre, & font du verd par leur mélange: les Peintres & les Teinturiers font auſſi du verd en mêlant du bleu avec du jaune, & ſi on regarde une fleur jaune à une lumière bleue comme celle du ſoufre où de l'eſprit de vin, cette fleur paroîtra verte. 5°. Si on met un corps opaque comme *p q*, à cinq ou ſix pouces de diſtance du priſme, & qu'on l'avance ſucceſſivement pour intercepter une partie du raïon ſolide; quand on commencera du côté du raïon IL, qui eſt dans la convexité de la courbure, on verra toûjours du rouge & du jaune vers l'extrémité de l'ombre du corps opaque, ſi elle eſt reçûe à deux ou trois pieds de diſtance, quand même on l'avanceroit juſques au raïon DS; & quand on le pouſſera de DO vers IL, on verra toûjours du violet & du bleu proche l'extrémité de ſon ombre, juſques au-delà de IK. 6°. Au lieu que le priſme étant ôté, il paroît dans toutes les diſtances une lumière toute ronde ſur le papier, lorſqu'on l'expoſe directement au raïon ſolide; on verra que le même raïon aiant traverſé le priſme, le diamétre ſelon l'ordre des couleurs

TAB. VI Fig. 10.

nc

ne conſervera pas ſa grandeur proportionelle aux diſtances, mais qu'étant reçû à 3 ou 4 pouces de diſtance, ce diamétre ſera plus petit d'environ un tiers que celui qui le coupe à angles droits; & qu'en éloignant peu à peu le papier, ce diamétre ſelon l'ordre des couleurs s'agrandira peu à peu, de maniére qu'à une diſtance d'environ un pied, la lumiére paroîtra ronde, & à une diſtance de 7 ou 8 pieds ce même diamétre deviendra quatre ou cinq fois plus grand que l'autre; & ſi on tourne le priſme en ſorte que le rayon rompu DO raſe la ligne DC, ce diamétre ſelon l'ordre des couleurs paroîtra à un pouce ou deux de diſtance, trois fois plus petit que l'autre, & huit ou dix fois plus grand, à 10 ou 12 pieds de diſtance. 7°. Si vous faites tomber un rayon de trois ou quatre lignes de largeur, perpendiculairement ſur la ſurface BC, il paſſera ſans ſe rompre ſur AB, d'où il ſe réfléchira entiérement ſur AC, par la troiſiéme Suppoſition, parce que l'angle qu'il fera avec la ligne AB, ſera moindre que 41 d, 25′, & repaſſant dans l'air au-delà de la ligne AC, il ſera une réfraction très-petite; alors, ſi on le reçoit ſur du papier blanc à telle diſtance médiocre qu'on voudra, comme de 10 ou 20 pieds, ſa lumiére ne paroîtra colorée que d'un peu de jaune d'un côté & d'un peu de bleu de l'autre. Si l'angle BAC n'étoit que de 6 ou 7 degrez, la réfraction ſeroit très-petite, & le rayon rompu ILDO n'auroit auſſi que du jaune du côté de la convexité, & du bleu de l'autre côté, à telle diſtance qu'on pût le recevoir.

REMARQUE.

ON a repréſenté dans cette figure, & dans les précédentes, l'écart des rayons rompus plus grand qu'il ne doit être; & dans la plûpart des autres figures, on n'obſerve pas la proportion des intervalles, parce que quelques-uns ſeroient trop petits pour être diſtingués, & quelques autres trop grands pour être mis ſur le papier. Et quand on dit qu'un rayon ſolide tombe directement ſur une ſurface, on conſidére tout le rayon comme s'il venoit du centre du Soleil: car les rayons des parties éloignées du centre ſouffrent un peu de réfraction; mais comme elle eſt inſenſible, on ne la conſidére point dans la plûpart des figures, pour éviter la multiplicité des lignes.

On peut faire les mêmes expériences que celles de la figure 10e, avec un petit vaiſſeau plein d'eau, tel qu'il eſt repréſenté en la 11e. figure. ABDE eſt une petite lame de fer blanc ou de cuivre, d'un pouce & demi de largeur & de trois pouces de longueur, où ſont appliqués à angles droits deux triangles, ABG, EDC, de la même matiére. AECG, BDCG ſont deux petites glaces de verre, bien polies, collées avec quelque maſtic ſur la lame EB, & ſur les deux triangles, en ſorte que l'eau n'y puiſſe paſſer. On emplira le vaiſſeau d'eau claire, par une petite ouverture qui doit être au haut des deux glaces entre C & G, & on le tournera en ſorte que le rayon ſolide FIIK ſoit pa- TAB VI. Fig. 11.

rallele au plan AD. L'angle ABG doit être de 42 ou de 43 degrez, afin que le rayon ſolide paſſant au travers de l'eau juſques au verre CB, ſans ſouffrir de réfraction ſenſible, il puiſſe repaſſer dans l'air en LMNO avec une grande courbure. Recevez ce rayon ſur du papier blanc à 8 ou 10 pouces de diſtance, & vous verrez du rouge entre M & *p*, & du violet entre *q* & O: les autres couleurs paroîtront de la même manière à peu près qu'on les remarque par le moïen du priſme de la figure 10e.

On voit manifeſtement par ces expériences, qu'on ne peut attribuer ces couleurs différentes qu'aux modifications différentes que les réfractions donnent à la lumière dans les courbures qu'elle reçoit en paſſant à travers l'eau & les autres corps tranſparens: car la réflexion de la lumière ſur une ſurface très-polie ne produit point de couleurs, comme on le peut voir dans la lumière PO de la 9e. figure; & ſi par la réflexion d'un miroir d'acier très-poli on fait tomber perpendiculairement un rayon ſolide du ſoleil ſur une ſurface d'eau horiſontale, il ne s'y fera point de réfraction ſenſible, & il ne paroîtra auſſi que de la blancheur vers le fond de l'eau dans les extrémitez de cette lumière.

Quelques-uns croïent que les couleurs différentes que les priſmes font paroître, procédent de ce qu'il y a moins d'épaiſſeur de verre à traverſer vers A que vers B, dans la 10e. figure, & que le rouge ſe fait du côté de l'angle A, & le violet du côté de l'angle B, où le verre eſt plus épais; mais l'eau de la figure 9e. eſt d'égale épaiſſeur par-tout, & il ne laiſſe pas de s'y faire des couleurs. D'ailleurs, il eſt aiſé de juger que la partie de la lumière qui eſt dans l'extrémité IL de la 10e. figure, doit être modifiée d'une autre manière, que celle qui eſt dans l'extrémité DO, parce que la lumière peut ſe mouvoir plus facilement du côté de la convexité FIL, où elle eſt plus au large que du côté de la concavité HDO, où elle eſt plus à l'étroit: & on ne peut douter que les modifications différentes ne faſſent des impreſſions différentes ſur les organes de la viſion, ni que ces impreſſions quelles qu'elles puiſſent être, ne ſoient auſſi très-différentes de celles que produit la lumière directe, quoiqu'on ne connoiſſe point toutes ces impreſſions, ni quel rapport elles ont aux couleurs qu'elles font paroître.

On peut donc tenir pour certain, que le rouge & le jaune paroiſſent toûjours vers les extrémitez des convexitez des courbures, & le bleu & le violet vers les extrémitez des concavitez, ſoit que le rayon ſe rompe de l'air dans l'eau, ou dans le verre, ſoit qu'il ſe rompe du verre, ou de l'eau, dans l'air.

SECONDES EXPÉRIENCES.

TAB. VI Fig. 12. AÏez un morceau de verre aſſez épais ABCD, tel que les ſurfaces plattes AD BC, ſoient parallele: faites qu'un rayon ſolide EFGH paſſant par une ouverture de deux lignes tombe deſſus obliquement; vous

vous verrez qu'il ſe rompra en entrant dans le verre, ſelon la 3e. Suppoſition, faiſant une courbure EFIGHL; & que repaſſant dans l'air au-deſſous de BC, il ſe redreſſera, faiſant une ſeconde courbure FIMHLN, égale à la première, mais en un autre ſens. Or les parties de la lumière auront changé de ſituation : car l'extrémité FI, qui étoit dans la concavité de la première courbure, ſera dans la convexité en IM; & HL, qui étoit dans la convexité GHL, ſera dans la concavité en LN: alors ſi vous recevez cette lumière en MN, à ſept ou huit pouces de diſtance, ou à quelque autre plus grande, il n'y paroîtra que de la blancheur,

REMARQUE.

POur éviter l'obſcurité, on n'a pas repréſenté en cette figure les rayons des diverſes parties du Soleil, ni leurs réfractions au juſte: & lorſque dans la ſuite on dira que les ſecondes réfractions ſont contraires aux premières, ou que les parties extrêmes de la lumière auront changé de ſituation dans les ſecondes réfractions; on doit entendre que celles qui étoient dans la convexité de la première courbure, ſeront dans la concavité de la ſeconde, & que celles qui étoient dans la concavité de la première, ſeront dans la convexité de la ſeconde.

Aïez auſſi un vaiſſeau de ſept à huit pouces de largeur, au fond duquel vous mettrez du vif argent de la hauteur d'un pouce, ou de deux; verſez-y doucement de l'eau nette & claire, juſques à cinq ou ſix pouces de hauteur. La ſurface ſupérieure du vif-argent eſt repréſentée par la ligne BC de la 12e. figure, & celle de l'eau par la ligne AD; ces deux ſurfaces ſeront paralleles, puiſque l'une & l'autre ſe mettront de niveau. Faites-y tomber un rayon oblique EFGH: il ſe rompra comme en IL, faiſant un jaune rougeâtre en L, & du bleu en I; & la ſurface du vif-argent étant très-nette, ſervira de miroir pour le faire réfléchir en OP, faiſant l'angle IOF égal à l'angle IFO; & par conſéquent le 2e. rayon rompu OP*q*R aura ſa courbure IO*q* égale à la courbure IFE par la troiſième Suppoſition, & les parties de la lumière auront changé de ſituation, comme on le voit en la figure. TAB. VI. Fig. 12.

Recevez cette lumière en *q* R à ſept ou huit pouces de diſtance, & tant loin au-delà que vous voudrez, il n'y paroîtra que de la blancheur, non plus que dans le rayon FSHT, réfléchi ſur la ſurface AD, & les lumières de ces rayons étant reçûes ſur une même ſurface repréſentée par la ligne STQR, y feront leurs baſes ſemblables; mais celle du rayon rompu ſera un peu plus grande, ſuivant la proportion de la ſomme des lignes EF, FS, à la ſomme des lignes EF; FI, IO, O*q*.

Pour bien faire cette expérience, il faut ſuſpendre le vaiſſeau où eſt le vif-argent; car autrement le moindre mouvement feroit rider ſa ſurface BC, & faire des réflexions ondoïantes à la lumière, laquelle par

ce moïen prendroit plusieurs différentes figures.

Si on reçoit le rayon OP*q*R, tout près de l'eau, on pourra remarquer un peu de jaune proche le point P, & un peu de bleu vers O, parce que les rayons extrêmes ont encore à la sortie de l'eau un peu de la couleur qu'ils avoient dans l'eau, entre IL & OP; mais la 2e. réfraction efface ces couleurs à une médiocre distance, & redonne au rayon les mêmes dispositions à l'égard de la couleur & de la figure qu'il eût eues, s'il n'eût souffert aucune réfraction.

Que si au lieu du vif-argent vous mettez un petit miroir plat de métail au fond de l'eau, vous pourrez le tourner en diverses situations, pour faire augmenter ou diminuer l'angle LPA, & vous remarquerez: 1°. Si cet angle est plus grand que l'angle LHD, comme il arrivera si le rayon se réfléchit en VQ, entre les points H & O, & qu'il se rompe en V *y* Q *x*; la 2e. courbure sera moindre que la première, & les parties extrêmes de la lumière auront changé de situation: alors les mêmes couleurs ne laisseront pas de paroître dans les mêmes parties, sçavoir un jaune rougeâtre en *x*, & du bleu en *y*. 2°. Si vous faites tomber par réflexion le même rayon FL en *b m*, entre A & F, en sorte qu'il repasse dans l'air au-dessus de AD; il se rompra comme en *f g*, sans que les extrémitez de la lumière changent de situation, comme on le voit en la figure; & alors l'extrémité L *b f* qui n'avoit qu'une foible couleur de jaune rougeâtre en HL, sera d'un beau rouge en *f*, avec du jaune au-dessous; & l'extrémité I *m g*, qui n'avoit que du bleu en I, sera d'un beau violet en *g*, avec du bleu au-dessus. On commencera à voir du verd à huit ou neuf pouces de distance dans le milieu de la lumière; & à quinze ou vingt pieds on ne verra distinctement que du rouge, du verd & du violet. 3°. Tournez le petit miroir de manière que le même rayon FL se réfléchisse entre P & D, comme en *a b*, faisant la seconde courbure L *b d* plus grande que la première GHL; vous verrez que les extrémitez de la lumière qui auront changé de situation, comme on le voit en la figure, changeront leurs couleurs: car la partie L *a* qui étoit rouge dans l'eau en *r*, deviendra violette en *d*, & le rayon I *a* qui étoit bleu dans l'eau, deviendra rouge en *e*, & plus la courbure sera grande, plus les couleurs changées seront vives & éclatantes, pourvû qu'on les reçoive à une distance plus grande que de cinq à six pieds.

TAB. VII. Fig. 13. On verra de semblables apparences & avec plus de facilité dans un prisme comme ABC, semblable à celui de la figure 10e, en observant les choses suivantes.

Recevez un rayon solide *a b c d* sur la surface AB proche du point A, sous un angle moindre que 30 degrez comme *a b* A; il se rompra comme en *b* D *d* E sur la surface representée par AC, & se réfléchira entièrement en D *e* E *f* par la troisième Supposition, d'où il se rompra une seconde fois en *e g f h*; les parties extrêmes auront changé de situa-

ſituation comme on le voit en la figure, & la premiére courbure ſera plus grande que la ſeconde, comme on le pourra connoître par le calcul; vous verrez alors des couleurs très-foibles en *b g*, ſçavoir du rouge jaunâtre vers *b*, & du bleu vers *g*; de même qu'on les aura vûes en *y x* dans la 12e. figure.

Pour connoître les différences des courbures contraires, on en ſera le calcul en la manière ſuivante ſelon les tables des ſinus.

L'angle *ab*A eſt de 25 degrez; L*b*I coupe à angles droits AB; l'angle *ab*L eſt de ſoixante cinq degrez; ſon ſinus eſt 90630: ôtez-en le tiers, il reſtera 60420, qui eſt le ſinus de 37^d, 10′ pour l'angle diminué D*b*I: & parce que l'angle A eſt de 40^d, & l'angle obtus A*b*D de 127^d, 10′; l'angle AD*b* ſera de 12^d, 50′, & par la troiſiéme Suppoſition le rayon ſe réfléchira entiérement, puiſque cet angle eſt moindre que 48^d, 12′: l'angle de réflexion *e*DC ſera auſſi de 12^d, 50′; & l'angle C étant de 50^d, l'angle extérieur D*e*B ſera de 62^d, 50′, & D*e c* de 117^d. 10′. Donc le rayon repaſſera dans l'air, & K*e* étant ſuppoſée perpendiculaire à BC & D*e* continuée directement en M, l'angle M*e*K ſera de 27^d, 10′; ſon ſinus eſt 45658; la moitié de ce nombre eſt 22829; leur ſomme eſt 68481 ſinus de l'angle augmenté K*e g* de 43 degrez 14′. Donc *g e*C ſera de 46^d, 46′, & par conſéquent la courbure D*e g* ſera moindre que la courbure *ab*D, car l'angle D*e g* ſera de 163^d, 56′, & l'angle *ab* D de 152^d, 10′. Faites tomber le même rayon *a b c d* proche du point B, comme on le voit en la figure, & faites un calcul ſemblable à celui ci-devant; vous trouverez que le rayon rompu *b*G ſe réfléchira entiérement en GO ſur AC, que l'angle de réflexion *o*G*c* ſera de 37^d, 10′, & par conſéquent G*o*C de 92^d, 50′, puiſque l'angle C eſt de 50^d. Donc G*o*A ſera de 87^d, 10′, & par conſéquent le rayon repaſſera dans l'air & ſe rompra comme en ONIIP, du côté de l'angle C; & ainſi les parties extérieures de la 2e. courbure n'auront point changé de ſituation, quoique cette courbure ſoit en un ſens contraire à la premiére.

TAB. VII. Fig. 13.

Recevez ce rayon à ſept ou huit pieds de diſtance; vous verrez une grande vivacité de couleurs, ſçavoir du rouge en P, & du violet en N, du jaune auprès du rouge, & du bleu auprès du violet, & à une grande diſtance, comme de vingt-cinq ou trente pieds, on ne verra diſtinctement que du rouge, du verd, & du violet: d'où il s'enſuit, que les ſecondes réfractions qui ne changent point la ſituation des parties, augmentent la vivacité des couleurs. Servez-vous encore d'un priſme commun de verre, dont les baſes ſont des triangles équilatéraux; le triangle équilatéral ABC, dans la figure 16e, repréſente la ſection d'un de ces priſmes; il s'y ſera toûjours deux réfractions de ſuite en un même ſens, ſi l'angle d'incidence du rayon DE F*g* eſt plus grand que 27^d, 56′; car s'il étoit de 27^d, 55′, ou moindre, le premier rayon rompu E I*g* I feroit l'angle *g* IB moindre que 48^d, 12′, & par la 3e. Suppoſition, il

TAB. VII. Fig. 16.

ſe réfléchiroit entièrement. Or les deux réfractions F*g*I, *g*IM, ne changent point la ſituation des parties extérieures du rayon ſolide: recevez ce dernier rayon rompu HNIM, à une diſtance d'un pied, ou à une autre plus grande; vous verrez toûjours du rouge vers IM avec du jaune, & du violet vers HN avec du bleu: & ſi on tourne ce même priſme en ſorte que le premier rayon rompu *g*I ſoit parallele à la baſe AC; ce qui arrive quand l'angle A*g*F eſt de 41^{d}, 24′, 30″; le verd paroîtra à trois ou quatre pieds de diſtance, ſi la lumière paſſe librement par toute la largeur du priſme qui eſt ordinairement d'un pouce: mais ſi on le tourne de maniére que l'extrémité du violet raſe la ligne HC, comme la figure le montre dans le rayon *b*R*mq* qui vient du rayon *fxyd*, dont l'angle d'incidence eſt de 27^{d}, 56′, le verd paroîtra à un pouce de diſtance de C, entre R & *q*. Que ſi le rayon n'a que deux lignes de largeur, & que l'angle CHN ſoit de 41^{d}, 24′, 30″, le verd paroîtra à huit ou neuf pouces de diſtance entre N & M, au lieu que dans le priſme de la figure 13e, il ne commence à paroître qu'à quatre pieds ou environ, quand il n'y a qu'une ſeule réfraction, & à près de 5 pieds, dans le priſme d'eau de la 11e. figure. Ce qui fait encore voir manifeſtement que la 2e. réfraction qui ne change pas la ſituation des parties extérieures, fortifie les couleurs & les rend plus vives, puiſque la blancheur pure de la lumière diſparoît à une moindre diſtance, que quand il n'y a qu'une réfraction.

Que ſi dans la 12e. figure on tourne le petit miroir juſques à ce que le rayon réfléchi I*a*, ſe rompant en *ae*, faſſe l'angle *eaD* de cinq ou ſix minutes, on ne verra que du rouge, & les parties qui doivent faire les autres couleurs, ne paſſeront point dans l'air & ſe réfléchiront entiérement; & enfin ſi l'angle L*b*A eſt de 41^{d}, & au-deſſous, toute la lumière ſe réfléchira vers le fond de l'eau ſelon la 3e. Suppoſition.

Pour faire des hypothèſes qui puiſſent ſatisfaire à toutes les apparences de ces premières & ſecondes expériences, il faut premiérement conſidérer ce qui arrive aux rayons qui ſe rompent ſelon les loix ordinaires de la réfraction, & enſuite ſi ceux qui font les couleurs, ſuivent d'autres régles dans leurs réfractions.

TROISIÈMES EXPÉRIENCES.

TAB. VII. Fig 14. SOit donc ABC, dans la figure 14e, un priſme ſemblable à celui de la 10e. figure, dans lequel l'angle A eſt droit, & l'angle C de 40 degrez, & par conſequent l'angle B de 50^{d}. *ab* eſt le diamétre du ſoleil parallele à AC. DE, F*g*, ſont deux rayons qui viennent du point *b*; on les ſuppoſe perpendiculaires à AC. *rg* eſt un rayon qui vient du point *a*, & qui tombant obliquement ſur AC fait l'angle *rg*I de 32′, & ſe rompt en *ge*. Les rayons DE, F*g*, paſſeront en E*b* & *gi*, ſans ſe rompre. *b*M, IN, ſont les rayons rompus de DE*b*, F*gi*, ſelon les loix ordinaires de

de la réfraction. *g* I K eſt une ligne droite. B M N K eſt parallele à AC. On trouve les angles de ces rayons & les proportions de leurs lignes en cette ſorte. L'angle *g* I C eſt de 50d, & K I B de même ; *q* I eſt perpendiculaire à B C ; donc l'angle K I *q* ſera de 40d : le ſinus de 40 degrez eſt 64278, dont la moitié eſt 32139 : leur ſomme eſt 96417, ſinus de 74 degrez 37′, pour l'angle augmenté *q* I N ; donc l'angle B I N ſera de 25 degrez 23′ : le rayon D E *b* ſe rompra de même en *b* M parallele à I N ; l'angle extérieur I N K ſera de 55 degrez 23′, car C B K eſt de 40 degrez ; donc ſi 82297 ſinus de 55 degrez 23′, complément de B N I, donne 36 lignes, grandeur ſuppoſée de I B, 26527 ſinus de B I N de 15 degrez 23′, donnera B N de 11 lignes $\frac{11}{12}$ à peu près.

On trouvera par un ſemblable calcul que I N ſera de vingt-huit lignes à peu près. *m* I eſt parallele à E *g* ; l'une & l'autre eſt ſuppoſée de deux lignes. On trouvera par le calcul que la ligne *b* I eſt de deux lignes $\frac{1}{2}$. Mais, comme B I eſt à *b i*, ainſi B N eſt à M N ; donc M N ſera de $\frac{5}{7}$ de ligne. L'angle *r g f* eſt de 32′ ; donc ſelon les loix de la réfraction, l'angle diminué I *g e* ſera de 21′, 30″ ; & *o e* étant parallele à E *g*, & *g o* étant de ſix lignes de longueur, *o e* ſera environ $\frac{1}{12}$ de ligne, & I *e*, $\frac{5}{6}$. *g e s* eſt une ligne droite, *e* T eſt perpendiculaire à BC, l'angle *g e* C, égal aux deux *e g* I, *e* I *g*, ſera de 50 degrez 21′, 30″, comme auſſi *f e* B. Donc T *e f* ſera de 39 degrez 38′, 30″ ; ſon ſinus eſt 63798 ; la moitié eſt 31899 ; leur ſomme eſt 95697, ſinus de 73 degrez 8′, pour l'angle augmenté T *e* P. Donc B *e* P ſera de 16 degrez 52′. L'angle extérieur *e* P K, complément de B P *e* & égal aux deux B & B *e* P, ſera de 56 degrez 52′ ; ſon ſinus eſt 83740 : ſi ce nombre donne B *e* de trente-ſix lignes $\frac{1}{12}$, le ſinus de P *e* B 29014 donnera un peu moins de douze lignes & $\frac{1}{2}$ pour la ligne BP. Donc N P ſera environ $\frac{1}{2}$ de ligne, & étant jointe à M N de $\frac{5}{7}$, la ligne entière M P ſera à peu près d'une ligne $\frac{1}{4}$. Mais E *g* eſt de deux lignes ; & les rayons des points extrêmes du diamétre du ſoleil qui coupe à angles droits le diamétre *a b*, feront ſur le plan B C un intervalle d'environ deux lignes $\frac{1}{12}$ ſelon la 3e. Suppoſition ; & par conſéquent le diamétre qui dans l'ovale de lumière coupe à angles droits le diamétre qui eſt ſelon l'ordre des couleurs, ſera le plus grand, & le paſſera d'environ $\frac{1}{12}$; ce que vous pourrez aiſément obſerver. Il ne paroîtra point de rouge, ni de violet dans les extrémitez de la lumière, à cette petite diſtance, mais à un pied de diſtance, le diamétre ſelon l'ordre des couleurs ſera plus de trois fois plus grand que l'autre, quoique ſelon les régles ordinaires de la réfraction il ne dût être qu'environ deux fois plus grand ; ce qui fait voir que les rayons rouges & violets ſont un plus grand écart que ſelon ces régles.

Recevez encore le rayon ſolide D E F *g* ſur le priſme A B C de la 16e. TAB. VII. Fig. 16. figure, où l'on ſuppoſe que les angles F *g* A & M I C ſont chacun de 41d, 24′, 30″ ; & que les rayons D E, F *g*, viennent d'une des extrémitez du diamétre du ſoleil, & les rayons *r g*, Z E, de l'autre extrémité

mité oppoſée ; l'angle *r g* F ſera de trente-deux minutes, ſon premier rayon rompu eſt *g e*, ſon 2e. rayon rompu eſt *e s* : on trouvera par le calcul ſelon les régles de la troiſième Suppoſition, que l'angle C *e s* ſera environ de 41d, 56′. 40″. D'où il s'enſuit que, ſi ces rayons colorés ne faiſoient pas un écart plus grand que ſelon les régles ordinaires de la réfraction, le diamétre ſelon l'ordre des couleurs ſeroit à une diſtance de neuf ou dix pieds ſenſiblement égal à l'autre ; mais, par l'expérience, il eſt plus de trois fois plus grand : d'où il ſuit néceſſairement que le rouge fait un écart comme en *e x*, & le violet comme en HV ; c'eſt-à-dire, que ces rayons rouges & violets ſont comme pouſſés en dehors & écartés par les parties intérieures du rayon ſolide, de même maniére que les parties extérieures d'un jet d'eau ſont repouſſées & écartées par les intérieures, quoiqu'à la ſortie de l'ajuſtage elles aient une même direction.

Pour mieux connoître la vérité de cette conſéquence, ſervez-vous du priſme de la figure 15e, ſemblable à celui de la figure 10e, où l'angle A eſt ſuppoſé de 40 degrez, & l'angle C de 50d ; le rayon ſolide DEFG eſt ſuppoſé venir d'une très-petite partie du ſoleil d'environ une demi minute de diamétre : vous aurez un tel rayon, ſi vous faites paſſer la lumiére du ſoleil par un trou dont le diamétre ſoit d'un demi quart de ligne, & que vous receviez cette lumiére à douze pieds de diſtance ſur du papier où il y ait un trou de même petiteſſe ; car, ſelon la premiére Suppoſition, la lumiére qui paſſera par cette ſeconde ouverture, viendra d'une partie du ſoleil qui n'aura qu'environ 32″ de diamétre ; l'écart des rayons extrêmes DE, FG, ſera inſenſible dans une diſtance de ſix pouces par la premiére Suppoſition, puiſqu'à une diſtance de neuf pouces, la baſe du cone de lumiére oppoſé à celui qui a pour baſe dans le ſoleil une demi minute, n'auroit que $\frac{1}{4}$ de ligne de diamétre ; ce rayon ſolide DEFG tombant perpendiculairement ſur le côté AB, paſſera ſur AC en HI ſans ſe rompre ; *a a* eſt un rayon également diſtant des deux extrêmes DEH, FGI, leurs rayons rompus ſont HK, *a a*, IL. On trouvera par un calcul ſemblable à celui qui eſt dans l'explication de la 14e. figure, que l'écart des rayons HK, IL, ſera d'environ une minute & demi, & que le diamétre ſelon l'ordre des couleurs ne devroit pas être plus grand que l'autre ; & cependant il vous paroîtra plus de trois fois plus grand, quoique l'extrémité du violet ne ſoit pas viſible. D'où l'on voit évidemment, comme dans les expériences précédentes, que les rayons extérieurs qui font le rouge & le violet, font un écart plus grand que ſelon les régles de la troiſième Suppoſition ; ou, ce qui eſt la même choſe, que les rayons rouges ſont leur réfraction moindre que ſelon la proportion de 3 à 2, & que les rayons violets la font plus grande.

TAB. VII. Fig 15.

Cela étant ſuppoſé, on peut concevoir que les écarts de ces rayons ſe font en la maniére ſuivante.

Une partie de la lumiére du rayon IL s'écarte comme en IN d'un côté

côté, & comme en I *e* de l'autre; faiſant du bleu dans l'eſpace L I O, du violet en O I N, du jaune en L I K, & du rouge en K I *e*. Le rayon H K s'écarte auſſi comme en K H M d'un côté, & de l'autre comme en K H O, faiſant K H *e* jaune, *e* H M rouge, K H L bleu, & L H O violet. Le rayon *a a* & tous les autres qui paſſeront entre H & I, feront des écarts ſemblables de couleurs de part & d'autre dans le même ordre. Or, un rayon comme I L, d'une épaiſſeur inſenſible, ne rendroit pas ſes écarts colorés viſibles, puiſqu'on a beaucoup de peine à voir toute la lumière entre M & N, & il eſt néceſſaire que la lumière de l'écart de chaque rayon particulier ſoit fortifiée par les écarts des autres rayons: ainſi un rayon qui paſſera entre *a* & I, faiſant ſon écart violet au-delà de I O, l'extrémité de cet écart coupera I O en quelque point comme en *q*, & fortifiera le violet du rayon I L au-delà de la ligne *q* O entre *q* O & I N. Par la même raiſon, un rayon qui paſſera entre *a* & H, faiſant ſon écart rouge au-delà du rayon H *e*, l'extrémité de cet écart coupera H *e* comme au point *r*, & fortifiera le rouge du rayon H K au-delà de *r e* entre *r e* & H M, & ainſi à l'égard des autres rayons & des autres couleurs: & parce que les rayons entre I L & H K pouſſent leur jaune depuis L juſques en *e*, & leur bleu depuis K juſques en O, ces couleurs ſe mêleront entre K & L, & y feront paroître du verd, aux extrémitez duquel il y aura un peu de bleu entre O & L, & un peu de jaune entre K & *e*.

Recevez encore ſur le même priſme le rayon ſolide *d b f*, que je ſuppoſe venir de tout le diſque du ſoleil; le point *b* repréſente un petit trou fait avec la pointe d'une éguille très-fine, en ſorte qu'un cheveu y puiſſe à peine paſſer; le rayon *d b* vient d'une extrémité du diamétre apparent du ſoleil à A B, & le rayon *f b* vient de l'autre extrémité; le rayon *a b* vient du centre, & il eſt ſuppoſé tomber perpendiculairement ſur A B, & par cette raiſon il paſſe ſans ſe rompre juſques en *o* ſur la ligne A C; *d b* ſe rompt un peu en *b g*, & *f b* en *b e*, l'un & l'autre du côté de *b o*; *a o* repaſſant dans l'air ſe rompra en *o a* faiſant l'angle C *o a* d'environ 15d, 23', ſi l'angle C eſt de 50 degrez; *e* L eſt le rayon rompu de *b e*, & *g b* de *b g*, ſelon les régles de la troiſième Suppoſition; leur écart ſe trouvera par le calcul d'environ un degré & demi, quoique l'angle *g b e* ſoit moindre que de 32'. Or, ſuivant l'hypothèſe ci-deſſus, le rayon rompu *g b* fera ſon ecart bleu comme en *b g q*, ſon écart violet comme en *q g y*, ſon écart jaune pourra aller en *b g x*, & ſon écart rouge en *x g a*; le rayon *e* L fera ſon écart jaune comme en L *e n*, ſon écart rouge en *n e z*, ſon écart bleu en L *e u*, & ſon écart violet en *u e a*; le rayon *o a* fera ſes écarts de même de part & d'autre, auſſi-bien que ceux qui, venant des autres parties du ſoleil, paſſeront entre *e* & *g*; ceux qui paſſeront entre *o* & *g*, fortifieront le bleu & le violet de *g b*, & ceux qui paſſeront entre *o* & *e*, fortifieront le jaune & le rouge de *e* L; les écarts jaunes & bleus ſe mêleront dans l'eſpace

TAB. VII. Fig. 15.

ce *b*L, à la reſerve d'un peu de jaune qui paroîtra vers L, & d'un peu de bleu qui paroîtra vers *b*; & par ce moïen tout le reſte de cet eſpace entre *b* & L à une diſtance médiocre ſera verd: on aura de la peine à diſcerner le violet à cauſe de ſa foibleſſe, ſi ce n'eſt que le papier ne reçoive point d'autre lumière que celle qui paſſera par le point *b*; la longueur du diamétre ſelon l'ordre des couleurs ſera à cinq ou ſix pouces de diſtance, plus de quatre fois plus grand que l'autre diamétre, ſi on tient le papier parallele à la ſurface A B, quoique ſuivant les régles de la troiſiéme Suppoſition il dût être moindre que triple; ce qui confirme les autres expériences du grand écart des extrémitez du rouge & du violet.

Pour connoître ces choſes plus préciſément, & pour s'aſſûrer que les expériences s'accordent avec l'hypothèſe de l'écart des couleurs de part & d'autre, on pourra faire encore les expériences ſuivantes.

TAB. VII. Fig. 17. *a b c*, dans la figure 17e, repréſente un priſme ſemblable à celui de la 15e. figure: l'angle *a* eſt de quarante degrez, & l'angle *c* de cinquante degrez: A I B repréſente le diamétre du ſoleil parallele à la ſection *a b*, laquelle eſt expoſée directement au ſoleil, dont la lumière eſt ſuppoſée traverſer tout le priſme juſques à la ſurface repréſentée par le côté *a c*, que je ſuppoſe être couvert d'un corps opaque, à la reſerve de l'ouverture C E D: cette ouverture repréſente celle de la première figure: les rayons qui repréſentent en cette figure 17e. ceux de la premiére figure, ſont marqués des mêmes lettres, pour pouvoir mieux diſtinguer la lumière entiére & les pénombres: les rayons C R, D G, viennent du point A; & C F, D K, du point B: E L vient du point I: C R, D K, ſe coupent au point M: C R, E S, ſont paralleles à D G, & E H à C F: le point M eſt celui qui termine la lumière entiére, comme en la premiére figure: le triangle C M D ſera illuminé par toutes les parties du ſoleil; mais au lieu que dans la premiére figure la ligne C M ſeroit d'environ cinquante-quatre pouces ſi C E D eſt de ſix lignes, elle ſera ici beaucoup moindre à cauſe du grand écart que la réfraction donne aux rayons rompus C F, C R, comme il a été remarqué dans l'explication de la 6e. figure.

On verra donc une lumière entiére dans le triangle C M D, & cette lumière ſera toute blanche & ſans couleurs: non ſeulement parce que ſa plus grande partie procéde des rayons qui ſuivent les loix de la réfraction ſans écart, & que les écarts qui doivent faire le rouge, le jaune, le bleu & le violet, s'y détruiſent mutuellement; mais auſſi à cauſe de la grande force de cette lumière, comme on en voit un exemple dans la lumière du ſoleil, qui aiant paſſé par un verre coloré paſſe enſuite à travers une loupe, ou verre convexe, car cette lumière colorée paroît toute blanche dans le foïer de la loupe, à cauſe de la lumière qui y eſt réünie.

Le rayon C F s'écartera en C N, faiſant du bleu en F C *b*, & du violet en *b* C N: E H & *u* 7 paralleles à C F feront les extrémitez de leurs écarts violets paralleles à C N, en *u r* & E L; & ainſi une partie du violet

let de CF ſera fortifié par les écarts violets des rayons qui paſſeront entre E & C, comme il a été montré en la 15e. figure : D K ſera auſſi l'extrémité de ſon écart violet parallele à C N, & à une grande diſtance il paſſera au-delà de la ligne C *b*, qui fait l'extrémité de l'écart bleu du rayon rompu CF; & par cette raiſon tout le violet ſe ſéparera des autres couleurs à une grande diſtance : D G fait l'extrémité de ſon écart jaune comme en D O, & l'extrémité de ſon écart rouge comme en D P: & parce que le rayon Q 2 parallele à D G fait l'extrémité de ſon écart rouge comme en Q T, & qu'il eſt fortifié par les écarts des rayons qui paſſent entre D & Q, & qui s'avancent au-delà de Q T; le rouge pourra commencer à paroître au point *f* dans l'interſection des lignes D O & Q T: & d'autant que la vivacité des couleurs de chaque écart diminue en la raiſon doublée des diſtances, de même que la vivacité de la lumière directe de chaque point lumineux ; l'extrémité de l'écart rouge de Q 2 aura moins d'éclat entre T & *f* qu'au point *f*, & l'écart du rouge de D G ſera auſſi moins vif au point T, & dans toute la ligne *f* T, qu'au point *f*; & ainſi le point *m*, dans la ligne Q T, ne pourra faire l'extrémité du rouge viſible; mais quelque autre point *n* plus près de la ligne D O, entre *f* O & *f* T.

Par les mêmes raiſons, l'extrémité du jaune viſible ne ſera point en la ligne D O, parce qu'il eſt néceſſaire qu'il ſoit fortifié par les écarts jaunes de quelques autres rayons, comme de ceux qui paſſent entre D & Q, & par ce moïen cette extrémité ſera entre D O & D G, comme au point *g*, & une autre extrémité du jaune pourra être comme au point 3. La diſtance qui eſt entre les points 3 & *n*, qui ſont entre les lignes Q T & D G, pourra être la largeur de tout le rouge viſible à cette diſtance; & par conſéquent à une plus grande diſtance, le point qui terminera le rouge, ſera encore plus éloigné de la ligne D P, comme en V, & la diſtance entre *d* & V ſera en cet endroit la largeur du rouge, & la ligne *f n* V qui termine l'extérieur du rouge, ſera une ligne courbe qui s'éloignera toûjours des lignes D P & D G; l'extrémité du jaune ſera auſſi une ligne courbe qui s'écartera de D O, du côté de D G, comme la ligne *g* 3 *d*, qui le terminera extérieurement. Les mêmes choſes arriveront de l'autre part: car, par les mêmes raiſons, l'extrémité extérieure du violet viſible commencera comme au point *q* dans l'interſection des lignes *u r* & C *b* (*u r* parallele à C N eſt l'extrémité de l'écart violet de *u* 7) & cette extrémité ſera en une ligne courbe comme *q x z*, qui s'éloignera toûjours des lignes C N & C F ; l'extrémité extérieure du bleu ſera en une ligne courbe, comme 4 *y e*, commençant au point 4, qui eſt entre les lignes C *b*, C H, mais tres-proche de la ligne C *b*. La diſtance entre *z* & *e* ſera en cet endroit la largeur du violet, le bleu foible qui eſt entre *e* & *b*, mêlé avec le violet, ſera paroître du violet; & le rouge mêlé avec le jaune foible qui eſt près de *d*, y ſera paroître du rouge & de l'orangé.

Le verd commencera à paroître au-delà du point M, dans l'eſpace KMR, où le bleu & le jaune ſont d'égale force à peu près par-tout. Mais il ne paroîtra que du jaune dans l'eſpace MD3: car l'écart jaune de DG y ſera fortifié par les écarts jaunes de Q2, & de tous les rayons qui lui ſeront paralleles paſſant entre D&E, comme auſſi l'écart jaune de Q2 ſera fortifié par les écarts jaunes de tous les rayons qui lui ſeront paralleles paſſant entre *u* & Q: mais l'écart bleu de DG ne ſera pas fortifié par celui de Q2, ni celui de Q2 par les écarts bleus des rayons qui lui ſont paralleles paſſant entre Q & *u*, & de même à l'égard des écarts bleus qui vont juſques à DM; ce qui fait que le bleu y eſt très-foible, & que l'éclat du jaune l'efface.

La même choſe arrive aux écarts bleus & jaunes dans l'eſpace MCy; car, par les mêmes raiſons, le jaune y eſt ſurmonté de beaucoup par le bleu.

On verra un ſemblable effet, ſi on coupe en de très-petits filamens du ruban jaune & du ruban bleu: car, ſi on mêle exactement quatre parties de jaune avec une de bleu, le compoſé paroîtra jaune; & ſi on en mêle quatre de bleu avec une de jaune, le compoſé paroîtra bleu; & le mêlange ne paroîtra verd, que lorſque ces couleurs ſeront en égales portions, ou que leurs proportions ſeront moindres que de 4 à 2. Le verd qui paroît dans l'eſpace KMR, ira toûjours augmentant de largeur, & enfin à une grande diſtance il reſtera ſeulement un peu de jaune orangé proche l'extrémité intérieure du rouge, & un peu de bleu proche l'extrémité intérieure du violet; mais il y aura un verd jaunâtre près du rayon MR continué, & un verd tirant ſur le bleu près du rayon MK continué; les écarts rouges & violets qui ſont mêlés entre R&C, étant très-foibles, n'empêchent pas le verd.

Il eſt aiſé de ſatisfaire aux autres apparences de la 10e. figure: car il ne doit paroître, ni bleu, ni jaune, ſi on reçoit le rayon tout auprès du priſme, puiſque les écarts bleus & jaunes ne ſont pas encore fortifiés ſuffiſamment par d'autres écarts de même couleur; & par cette raiſon il ne doit paroître dans le commencement des rayons rompus CF&DG, que de la blancheur.

Le diamétre ſelon l'ordre des couleurs doit être beaucoup plus petit que l'autre à une petite diſtance de ſix lignes, quand le rayon rompu eſt fort oblique; & il doit être beaucoup plus grand à une grande diſtance: car, par ce qui a été dit dans l'explication de la 16e. figure, les rayons extérieurs qui ſortent paralleles par une ouverture de ſix lignes, ſont très-près l'un de l'autre en leurs réfractions; & l'écart des rayons qui comprennent un angle de trente-deux minutes, qu'on ſuppoſe ici être la largeur du ſoleil, n'occupe pas une ligne à une diſtance de ſix lignes, quand même l'écart ſeroit dix fois plus grand dans les réfractions, que dans la lumière directe. Car, ſi la baſe qui ſoûtient un angle de 32′, n'eſt à 108 lignes de diſtance, que d'une ligne; elle ne

ſera

ſera que d'environ 10 lignes, ſi l'angle eſt dix fois plus grand; & à cinquante-quatre lignes de diſtance, elle ne ſera que de cinq lignes; & à ſix lignes elle ne ſera, ſuivant cette proportion, que d'environ deux tiers de ligne. D'où il eſt aiſé de conclure, que le diamétre ſelon l'ordre des couleurs ne ſera pas de deux lignes à la diſtance de ſix lignes, ſi l'ouverture eſt de ſix lignes; & que l'autre ſera d'environ ſix lignes, c'eſt-à-dire, trois fois plus grand: mais à une diſtance de douze pieds, l'écart des rayons rompus qui n'eſt que de 10 lignes, à une diſtance de 108 lignes, ſera de plus de 13 pouces; & l'autre diamétre qui croît à peu prés ſelon la proportion des diſtances, ne ſera à cette diſtance de douze pieds que d'environ ſeize lignes; & par conſéquent le diamétre, ſelon l'ordre des couleurs, ſera alors plus de neuf fois plus grand que l'autre, & y ajoûtant l'écart du rouge & du violet, tout ce diamétre ſera plus de dix fois plus grand que l'autre; ce que vous pourrez obſerver par l'expérience.

Si vous voulez connoître d'où vient que l'endroit qui étoit bleu ſur le papier à trois ou quatre pieds de diſtance, paroît rouge quand on intercepte une partie de la lumière à dix ou douze pouces, & que ce qui étoit jaune paroît bleu; & qu'à une diſtance de vingt ou vingt-cinq pieds, les couleurs ne changent point, ſi on intercepte de la même maniére une partie de la lumière à douze pieds du priſme: il faut conſidérer que, l'écart violet de DG étant parallele à CN, il paſſera dans une grande diſtance au-delà de CF, ſi l'angle de cet écart eſt de plus de 32′, comme il le doit être par l'expérience du priſme équilatéral de la figure 16e, qui fait paroître le diamétre ſelon l'ordre des couleurs plus de trois fois plus grand qu'il ne devroit être ſelon les loix ordinaires de la réfraction; l'écart du rouge de CF, paſſera de même au-delà de DC. D'où il s'enſuit, que les rayons diverſement colorés ſe ſépareront & ne ſeront plus confondus, comme ils le ſont dans l'eſpace CF, DG, à une petite diſtance: d'où il doit arriver, que ſi on pouſſe le corps opaque $\beta\gamma$ dans de petites diſtances, juſques à la rencontre de la ligne Q 2 au point γ, on verra du violet & du bleu vers l'extrémité de ſon ombre, au même endroit où l'on voïoit du jaune, parce que les rayons qui paſſeront entre Q & D, feront leurs écarts bleus & violets du côté de MR, dont quelques-uns raſeront l'extrémité γ, & les autres paſſeront tout auprés, & s'étendront comme entre 2 & R, & ces écarts n'étant point détruits par les écarts rouges & jaunes des rayons paralleles à CR, qui paſſent entre C & E, parce qu'ils ſont arrêtés par le corps opaque, il paroîtra du bleu & du violet en cet endroit.

Par les mêmes raiſons, ſi on pouſſe le même corps opaque à la même diſtance du priſme depuis la ligne DP juſques à la rencontre de la ligne u 7, on verra du jaune & du rouge vers l'extrémité de l'ombre: mais ſi on pouſſe ce corps opaque à douze ou quinze pieds du priſme, ou plus loin, il recevra les écarts des rayons après s'être ſéparés les uns

des autres; d'où il arrivera que, ſi on intercepte la lumière colorée depuis C N juſques à la moitié du verd, on ne verra que du verd à l'extremité de l'ombre, quand on la recevra ſur quelque ſurface au-delà du corps opaque.

On verra de ſemblables effets dans le rayon ſolide *a e d b* de la 12e. figure: car, ſi on intercepte une partie de la lumière tirant de *a e* en *b d*, à cinq ou ſix pouces de diſtance du point *b*, on verra du rouge & du jaune juſques fort près du rayon *b d*, à quatre ou cinq pieds de diſtance; & ſi on l'intercepte de *b d* en *a e*, on verra du bleu & du violet juſques fort près de *a e*; mais dans les grandes diſtances les mêmes couleurs demeureront, quoiqu'on intercepte une partie de la lumière.

Ces expériences confirment entièrement l'hypothèſe de l'écart de chaque petit rayon en rouge & en jaune d'un côté, & en bleu & en violet de l'autre; & c'eſt principalement ſur ces expériences que je l'ai fondée.

On verra les mêmes apparences à peu près dans le priſme de la figure 16e; mais le point M qui termine la lumière entière, ſera bien moins éloigné du priſme à cauſe des deux réfractions: on trouvera par le calcul, que, le rayon z E parallele à *r g* faiſant la premiere réfraction en E O, & la ſeconde en O M, la ligne I M ſera de trente-cinq pouces à peu près, ſi l'ouverture E *g* eſt de ſix lignes, & que l'angle d'incidence du rayon D E F *g* ſoit de 48^d^, 35′, 30″, ou ce qui eſt la même choſe, ſi le rayon rompu *g* I eſt parallele au côté A C: auſſi voit-on le verd commencer à paroître à cette diſtance de trente-cinq pouces.

Mais, ſi l'angle d'incidence du rayon *f x y d* eſt de 27^d^, 56′, le point M ſera ſeulement à une ligne de diſtance entre *b* R & *m q*. C'eſt pourquoi on voit alors du verd à une diſtance moindre que de deux lignes; & quand même on laiſſeroit tout le priſme expoſé au ſoleil en cette ſituation, on verroit paroître du verd à moins de quatre lignes de diſtance; ce qui fait voir que les ſecondes réfractions augmentent beaucoup les écarts, & qu'elles font toûjours paroître le verd à la diſtance du point M; au lieu que dans la figure 17e. il ne commence pas à paroître préciſément au point M où ſe termine la lumière entière, mais plus loin, quand il n'y a qu'une réfraction, & que l'angle *c* C F n'eſt pas moindre que de quinze ou ſeize degrez: ce qui procéde de ce que dans les médiocres réfractions les écarts qui ſont les couleurs, ſont médiocres & ne paſſent pas aſſez les uns ſur les autres pour ſe fortifier, & détruire à une médiocre diſtance la pureté de la lumière des parties intérieurs du rayon ſolide qui ſuivent les loix ordinaires de la réfraction; car même, ſi l'angle *b a c* de la figure 17e. étoit ſeulement de cinq ou ſix degrez, il ne paroîtroit ni rouge ni verd ni violet, à quelque diſtance qu'on reçût la lumière rompue, parce que les écarts étant très-petits il n'y auroit qu'une très-petite partie de la lumière du rayon ſolide qui y ſeroit emploïée, laquelle par conſéquent ne pourroit empêcher que très-peu la force du reſte de la lumière

mière; mais si dans la figure 17e. le rayon CN faisoit un angle de cinq ou six minutes avec la ligne *c*C, alors le verd commenceroit à paroître fort près du point M.

La même chose arrive pour la foiblesse des couleurs, lorsque les secondes réfractions sont contraires aux premières, & qu'elles ne sont qu'un peu moindres, ou un peu plus grandes; parce que les secondes réfractions diminuent les écarts des premières; ce qui affoiblit les couleurs: mais quand les réfractions sont égales & contraires dans les prismes, on ne voit plus de couleurs, & les écarts se détruisent entièrement, de même que dans la lumière *q*R de la figure 12e, où l'on voit que la seconde courbure I O*q* est égale & contraire à la première E F I. Les troisièmes réfractions sont toûjours sans couleur dans un prisme équilatéral, parce que ces réfractions sont toûjours égales & contraires aux premières; ce qui se prouve en cette sorte.

A B C, dans la figure 18e, est un prisme équilatéral, sur lequel tombe le rayon solide D E F*g*, qui se rompt en partie en H I, d'où il se réfléchit en partie en M N, sur le côté B C, & se rompt aussi en Q L, où il est coloré, comme il a été dit ci-devant. Le rayon réfléchi H M I N se réfléchit en partie sur B C, & se rompt en partie en M*o*N*q*. Je dis que cette troisième réfraction I N*q* est égale & contraire à la première F*g* I: car les deux triangles A*g* I, I N C, sont semblables, à cause que l'angle A est égal à l'angle C, & que l'angle de réflexion C I N est égal à l'angle *g* I A; donc les incidences de I*g* sur A B, & de I N sur B C, seront égales, & par conséquent les réfractions *ig* F, *i*N*q*, seront égales.

On voit aussi que l'extrémité D E H, qui étoit dans la convexité, est dans la concavité en H M*o*; ce qui détruit les écarts & les couleurs, comme il a été dit ci-dessus. Mais la seconde réfraction en Q L, qui ne change point les situations, augmente les couleurs, de manière que le verd paroît à une distance beaucoup moindre que quand il n'y a qu'une réfraction.

Pour donner une analogie de ces diminutions, déstructions, & augmentations de couleurs par les secondes ou troisièmes réfractions, on peut considérer dans la figure 19e. la boule A poussée de A vers F en ligne droite sans tournoïer, laquelle, aiant rencontré la surface platte B C, se réfléchit vers G, & en se réfléchissant prend un mouvement autour de son axe, selon l'ordre des lettres *a b d e*, comme il arrive aux boules poussées par un mail, qui ne tournoïent point en s'élevant en l'air, & qui commencent à tournoïer, lorsqu'elles touchent la terre en tombant. Or si cette boule A rencontre une autre surface D E parallele à B C, cette surface lui donneroit un mouvement en rond dans un sens contraire au premier selon l'ordre *a e d b*, si elle n'en avoit point d'autre; mais en aiant déja un autre, le dernier peut détruire précisément le premier, & en ce cas la boule se réfléchira vers H sans plus tournoïer.

Or,

Or, ſi aller en droite ligne ſans tournoïer repréſente une lumière ſans couleurs, & que le mouvement en rond repréſente les modifications qui font paroître les couleurs; on pourra concevoir que la première réflexion ſur BC repréſente la première production des couleurs, & que la ſeconde ſur DE, de G en H, qui fait ceſſer préciſément le mouvement en rond, repréſente le retour de la lumière colorée en ſa première blancheur.

On pourra auſſi concevoir que, ſi la ſeconde ſurface DE n'eſt pas parallele à BC, mais qu'elle ſoit poſée comme IL, ou MN, ou OP; & que la boule rencontre tantôt l'une & tantôt l'autre de ces ſurfaces: la première IL détruira ſon premier mouvement en rond, & la fera encore tournoïer un peu en un ſens contraire; que la ſeconde MN ne détruira pas entièrement le premier mouvement en rond, mais qu'elle le diminuera ſeulement; & que la troiſième OP l'augmentera dans le même ſens: & on pourra rapporter le premier cas au changement des couleurs; le ſecond, à leur diminution ſans changer leur ordre; & le troiſième, à leur augmentation. Mais cette analogie & tous ces rapports aſſez juſtes ne prouvent pas la néceſſité de ces effets, & n'en découvrent pas les véritables cauſes. Il faudroit ſçavoir ce que c'eſt que la lumière, avant que de ſçavoir ce que c'eſt que la lumière colorée. Mais on eſt encore à réſoudre ſi la lumière eſt une tendance au mouvement, & comme un preſſement qui ſe fait ſur les organes de la vûë, ou ſi c'eſt une matière que le corps lumineux pouſſe hors de ſoi ſans diſcontinuation. Et quand on ſeroit convaincu de l'une ou de l'autre de ces hypothèſes, comment pourroit-on ſçavoir ſi les atomes qui compoſent la lumière, ſont de petits globes, ou de petites pyramides, ou des cones, ou des cylindres, &c? Comment pourroit-on connoître les différences des mouvemens, ou des tendances au mouvement des parties de la lumière qui ſont dans les convexitez & dans les concavitez des courbures; ſi elles roulent d'une manière le long de la ligne IL dans la dixième figure, & d'une autre le long de la ligne DO, ſoit en un même ſens, ſoit en un ſens oppoſé? Je tiens encore qu'il eſt impoſſible de déviner comment les parties intérieures des rayons ſolides rompus ILDO pouſſent en dehors les extérieures, pour faire les écarts colorés; & comment les parties extérieures du rayon OPQR, de la 12e. figure, rentrent en dedans par la ſeconde réfraction, en ſorte que la lumière reprend ſa première diſpoſition.

Mr. *Deſcartes*, qui a donné de l'admiration aux plus Sçavans par la ſubtilité de ſes raiſonnemens ſur l'arc-en-ciel, a entrepris de réſoudre ces difficultez, & de rendre raiſon des diverſitez de couleurs que les priſmes de verre font paroître.

Il ſuppoſe qu'il y a dans l'air, dans l'eau, & dans les autres corps tranſparens, des globes ou petites boules qui ſe touchent, & qui tranſmettent l'action du corps lumineux; & ſoûtient que celles qui tendent

à

à tournoïer plus vîte qu'elles ne tendent à s'avancer en ligne droite, font paroître le rouge & le jaune, & que celles qui tendent à tournoïer moins vîte, font paroître le bleu & le violet. Mais il me ſemble qu'il applique ſans fondement ces mouvemens aux diverſes parties de la lumière, & que par ſes propres hypothèſes on pourroit conclure que le rouge devroit paroître en DO, dans la 10e. figure, auſſi-bien qu'en IL.

Car, ſoit conſidérée la figure 20e, qui eſt ſemblable à celle dans laquelle il repréſente des boules qu'il ſuppoſe tomber obliquement de l'air dans l'eau, & qu'on en faſſe l'application à ſon priſme MNP: on verra que, puiſque les petites boules de ſa matière ſubtile paſſent plus facilement, ſelon ſon hypothèſe, par le verre que par l'air, ſi l'on conçoit de l'air au-deſſous de NDEP, il leur doit arriver la même choſe qu'aux boules qui paſſent de l'air dans l'eau: ſçavoir, que la petite boule de matière ſubtile 1234, qui, étant tombée perpendiculairement ſur la ſurface repreſentée par la ligne NM, paſſe juſques à NP ſans ſe détourner, rencontrant au-deſſous de NP l'air qui lui réſiſte davantage que le verre MNP, doit tournoïer infailliblement ſelon l'ordre des chifres 1234; & que les petites boules Q & S augmenteront ſon tournoïement, de la meme ſorte qu'il l'explique; & que par ce moïen il y aura trois cauſes qui lui donneront un mouvement en rond, ou une tendance au mouvement en rond. Mais ſi l'on conçoit de ſemblables petites boules vers D, & que la ligne NP ſoit couverte d'un corps opaque, à la reſerve de la partie DE, la petite boule S ne contribuera pas davantage à faire tournoïer en rond la petite partie de la lumière qui eſt vers D; ce qu'il prouve devoir arriver à celle qui eſt vers E. Joint à cela, que ſi la boule qui en paſſant du verre dans l'air a pris un mouvement en rond, ou une tendance au mouvement en rond ſelon l'ordre 1234, eſt réfléchie par un miroir plat ſelon la même ligne de direction du rayon rompu, elle doit tournoïer en un ſens contraire quand elle ſera rentrée dans le verre, & ce dernier mouvement doit détruire le premier: d'où l'on pourroit juger que le rayon FIHL de la 12e. figure, étant repouſſé par un miroir plat en *m h*, & s'étant rompu réciproquement en *m g f h*, où il faut une baſe plus large, devroit être tout blanc; ce qui eſt contre l'expérience: car l'extrémité vers *g* ſera violette & bleue, & l'autre *f* ſera rouge & jaune, & ces couleurs ſeront beaucoup plus vives qu'au fond de l'eau en IL. Deſquelles expériences & raiſonnemens il ſuit, que Mr. *Deſcartes* n'a pas bien expliqué les couleurs que les priſmes de verre font paroître.

On peut encore lui objecter, que ſi le tournoïement en rond produit les couleurs de la réfraction, il s'en feroit auſſi dans la réflexion; car ſi MNP (Fig. 20.) eſt de l'air, & NP une ſurface de verre, la boule 1234 qui s'eſt mûe ſelon la direction AE rencontrant le verre qui la fait réfléchir, elle prendra infailliblement un mouvement en rond ſelon l'or-

dre 1234, & la boule R augmentera ſon tournoïement, & ainſi il ſe feroit du rouge par la réflexion; ce qui eſt contraire à l'expérience.

On peut auſſi dire que ce n'eſt point la boule 1234 qui fait la couleur rouge à dix ou douze pieds du priſme M N P, parce qu'elle ne ſe meut point, & qu'il faudroit qu'elle donnât ſa tendance au mouvement en rond à celle qu'elle touche, & cette ſeconde à une troiſiéme &c. ce qui eſt impoſſible: car la boule 1234 touchant la boule S la fera piroüetter en un autre ſens, & cette boule S s'appuïant ſur trois ou quatre autres ne donnera pas à chacune d'elles une tendance à tournoïer de même, & ainſi il arriveroit que s'il paroiſſoit du rouge à une diſtance de dix pieds, il paroîtroit une autre couleur à une diſtance moindre ou plus grande.

Cet Auteur s'eſt encore trompé, quand il a cru que le blanc & le verd ſe pouvoient voir en même tems dans le milieu de la lumière rompue qu'on reçoit ſur un linge blanc aprés avoir paſſé au travers d'un priſme, puiſque le verd n'y paroît jamais que par le mélange du jaune & du bleu, qui dans une grande diſtance ſe rencontrent au milieu du rayon ſolide, dans lequel milieu la pure lumière blanche paroît quand le papier n'eſt pas beaucoup éloigné du priſme, & que l'ouverture eſt aſſez grande.

Le ſçavant Mr. *Newton* a fait une hypothèſe nouvelle & fort ſurprenante pour expliquer tous ces effets.

Il ſuppoſe que les rayons du ſoleil ont d'eux-mêmes des couleurs différentes, de rouge, de jaune, de verd, de bleu, & de violet, qu'ils conſervent toûjours; que ceux qui ſont violets & bleus, ſouffrent une réfraction beaucoup plus grande que les rouges & les jaunes; que lorſqu'ils tombent tous en un même endroit, ils ſont paroître la couleur blanche; & que quand ils ſe ſéparent, chaque eſpéce manifeſte ſa couleur.

Il y a beaucoup d'expériences qui ſemblent favoriſer cette hypothèſe, & la plûpart s'expliquent facilement par ſon moïen.

En voici un exemple.

TAB. VIII. Fig. 21. Le rayon ſolide *a b g b* a ſes deux petits rayons *a b*, *d f*, rouges, & les deux *c e*, *g b*, violets; les rayons *a b* & *d f* ſe rompent ſur la ſurface d'eau A B, comme en *b i* & *f l*; & les violets *c e* & *g b*, en *e m* & *b n*, à cauſe que leur réfraction eſt plus grande; ce qui fait qu'il y a du violet vers *m*, & du rouge vers *l*. Il n'y a que de la blancheur entre *b* & *b*, au-deſſus de l'eau, parce que les rayons rouges & violets y ſont très-près l'un de l'autre, & comme mêlés & confondus.

Par la même raiſon il n'y a que de la blancheur entre *i* & *n*.

Que ſi on fait réfléchir cette lumière vers la ſurface A B, par un miroir plat, en ſorte qu'elle faſſe en repaſſant dans l'air une courbure plus grande que la premiére; alors les rayons *m m* & *n n* violets ſe rompront comme en *m T* & *n s*; & les rouges *i i*, *l l*, ſe rompront comme en *i x*, *l u*, à cauſe que leur réfraction eſt beaucoup moindre que celle des violets;

violets; & ainſi il y aura une confuſion de couleurs proche des points *m*, *n*, *i*, *l*: mais à une diſtance médiocre, chaque couleur ſe ſéparera des autres & ſe manifeſtera; le rouge paroîtra en *x u*, & le violet en T *s*.

Que ſi les angles des réflexions ſont égaux aux angles d'incidence, aux points *m*, *i*, *n*, *l*, dans la ligne C D ſuppoſée parallele à A B; les ſecondes courbures des rayons qui repaſſeront dans l'air, ſeront égales aux premières, ſçavoir *i* K *y* à *a b i*, *m* E F à *c e m*, *l* V Z à *d f l*, & *n q* P à *g h n*; & ainſi le rayon ſolide rompu E F V Z ſe fera parallele au rayon ſolide réfléchi *b* O *b* R, & les parties extérieures ſe raprocheront & ſeront moins divergentes, parce que les réfractions des rayons violets ſeront beaucoup plus grandes que celles des rayons rouges; & par ce moïen le rayon K *y* deviendra enfin extérieur au rayon E F après l'avoir coupé, comme *a b* l'étoit à *c e*; & *q* P violet deviendra extérieur à V Z rouge, après l'avoir coupé, comme *g h* l'étoit à *d f*; ce qui remettra ces rayons diverſement colorés en leur première diſpoſition & mélange, & par conſéquent cette lumière redeviendra blanche en E F V Z, comme elle l'étoit en *a b g h*. TAB. VIII. Fig 21.

Il y a encore beaucoup d'autres expériences qu'on peut faire convenir à cette hypothèſe; mais il y en a auſſi quelques-unes qui n'y peuvent convenir, comme eſt la ſuivante, qu'on pourra faire aiſément.

Recevez ſur un carton blanc à une diſtance d'environ vingt-cinq ou trente pieds un petit rayon ſolide qui aura paſſé par un priſme; vous verrez que les couleurs occuperont un eſpace de plus de dix pouces, dont le rouge en contiendra plus de deux, & le violet plus de trois: faites que l'extrémité du violet paſſe par une petite fente d'environ deux lignes de largeur taillée exprès dans un carton, & recevez cette lumière violette fort obliquement ſur un autre priſme au-delà du carton; alors vous verrez dans la lumière qui aura paſſé à travers ce ſecond priſme, du rouge & du jaune dans la convexité de la courbure.

Or dans cette diſtance de trente pieds, le violet ſe ſera ſéparé entièrement des rayons rouges qui en ſeront éloignés de plus de quatre pouces, comme il a été dit dans l'explication de la 17e. figure: & par conſéquent dans cette expérience, quelque partie de la lumière qui étoit violette, ſera devenue rouge & jaune par la rencontre du ſecond priſme.

Le même changement arriva ſi on fait paſſer l'extrémité du rouge dans la fente du carton; car on verra du bleu & violet au-delà du ſecond priſme.

Pour bien faire cette expérience il faut que la chambre ſoit fort obſcure, & qu'il ne paſſe par la fente du carton aucune lumière ſenſible, que celle qui eſt colorée; ce que vous connoîtrez, ſi détournant le ſecond priſme de la rencontre de la lumière rouge ou violette qui paſſe par la fente, on ne voit plus les lumières diverſement colorées.

Par cette expérience, il eſt évident qu'une même partie de lumière

reçoit des couleurs différentes par de différentes modifications & que l'ingénieuſe hypothèſe de Monſieur *Newton* ne doit point être reçûe.

Le Pere *Grimaldi* & le Pere *de Chales* ont cru que ces différentes couleurs procédent de la raréfaction ou condenſation de la lumière; c'eſt-à-dire, que la lumière peu dilatée fait le rouge & le jaune, & que celle qui l'eſt beaucoup, fait le bleu & le violet. Mais cette hypothèſe ne peut ſubſiſter en cette rencontre, parce qu'à quelque diſtance qu'on reçoive la lumière rouge, elle demeure toûjours rouge, & cependant elle eſt beaucoup plus dilatée à une diſtance de deux cent pieds, que celle qui fait le violet, ne l'eſt à une diſtance de cinq ou ſix pieds.

Pour ne point m'embaraſſer dans de ſemblables difficultez, je n'ai pas voulu entreprendre d'établir ici quelque hypotheſe douteuſe & obſcure, mais ſeulement de donner quelques régles générales, ou principes d'expérience, qui puiſſent s'accorder à toutes ſortes d'obſervations.

J'ai choiſi, pour ce deſſein, les huit principes qui ſuivent, que j'ai cru pouvoir ſuffire à bien expliquer toutes les apparences de couleurs produites par les réfractions de la lumière.

PREMIER PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LOrſqu'un rayon ſolide fait une réfraction, ou courbure, en paſſant d'un corps tranſparent dans un autre, les parties extérieures de la lumière qui ſont du côté de la convexité de la courbure, prennent une couleur rouge, & celles qui ſont du côté de la concavité, prennent une couleur violette; les parties proches du rouge prennent une couleur jaune, & celles qui ſont proche du violet, prennent une couleur bleue, telle petiteſſe que puiſſe avoir le rayon ſolide.

REMARQUE.

Dans ce premier Principe & dans les ſuivans, on ſuppoſe que les réfractions ſont aſſez grandes, & que la lumière eſt reçûe à une diſtance ſuffiſante pour faire paroître du rouge & du violet: car ſi les diſtances & les réfractions étoient trop petites, il faudroit entendre du rouge jaunâtre, au lieu du rouge; & du bleu ſeul, au lieu de bleu & de violet; ce qu'il faudra auſſi obſerver dans la ſuite.

Il faudra auſſi obſerver, qu'encore que dans ces Principes on ne parle que de la lumière du Soleil, on doit entendre qu'il ſe fera de ſemblables effets par les autres corps lumineux ou illuminés, à proportion de la force de leur lumiè-

re;

re; & que, quand on dit en quelques endroits que la lumière rompue aura des couleurs, ou ſera ſans couleurs, on n'y comprend point la blancheur de la pure lumière.

DEUXIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

L'Extrémité de la lumière du côté de la convexité de la courbure, fait ſa réfraction moindre que ſelon la proportion de 4 à 3 dans l'eau, & de 3 à 2 dans le verre; & l'extrémité qui eſt dans la concavité, la fait plus grande que ſelon les mêmes proportions; & ces écarts des extrémitez de la lumière rompue ſont plus ou moins grands, ſelon que les réfractions ſont plus ou moins grandes.

TROISIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LEs parties d'un rayon ſolide rompu qui reçoivent des rayons de tout le ſoleil, étant reçûes ſur une ſurface blanche, n'y font paroître aucunes couleurs ſenſibles.

QUATRIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

S'Il y a deux ou trois réfractions de ſuite, & que les mêmes parties du rayon ſolide demeurent dans la même ſituation, à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures; la lumière rompue conſervera les mêmes couleurs dans le même ordre, mais elles ſeront plus vives & plus belles.

CINQUIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LEs écarts de la lumière rompue qui font le rouge & le jaune dans la convexité des courbures, & le bleu & le violet dans la concavi-

té, ne font paroître ces couleurs que dans les pénombres, jusques au point où se termine la lumière entière, & l'intérieur de la lumière demeure sans couleurs sensibles jusques à ce point, quelque largeur que puisse avoir le rayon solide.

SIXIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LOrsque les réfractions sont fort grandes, soit qu'il n'y en ait qu'une seule, soit qu'il y en ait plusieurs de suite qui ne soient point contraires, il paroîtra du verd dans le milieu de la lumière du rayon solide par le mélange des rayons bleus & jaunes, depuis le point où se termine la lumière entière. Que si les réfractions sont médiocres, le verd ne commencera à paroître qu'à de certaines distances au-delà de ce point : mais si les réfractions sont petites, le milieu de la lumière sera sans couleurs sensibles jusques à de certaines distances au-delà de ce point, & il ne paroîtra point de verd à quelque distance qu'on reçoive la lumière rompue.

SEPTIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LOrsque les rayons solides souffrent une seconde réfraction ; si elle est égale à la première, & que les parties extérieures changent de situation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures, les couleurs se perdront entièrement, & la lumière aura la même blancheur, & s'étendra de même que si elle n'avoit point souffert de réfraction.

HUITIÈME PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

SI la seconde réfraction qui fait changer de situation aux parties extérieures du rayon solide, est moindre que la première, les mêmes couleurs demeureront dans les mêmes parties, mais elles auront peu d'éclat. Mais si la seconde réfraction est plus grande que la première, les couleurs se changeront ; c'est-à-dire, que la partie qui étoit rouge & jau-

jaune deviendra violette & bleue ; & celle qui étoit violette & bleue, deviendra rouge & jaune : & plus cette ſeconde réfraction ſera grande, plus les couleurs changées ſeront vives & diſtinctes.

Ces huit principes, que j'ai trouvé conformes à un très-grand nombre d'expériences, qui ont été faites avec un très-grand ſoin & une très-grande exactitude, ſans en trouver aucune qui y fût contraire, pourront ſervir à expliquer toutes les couleurs que la lumière fait paroître par les réfractions, ainſi qu'on le verra dans les diſcours ſuivans, où l'on citera ces principes ſelon l'ordre qu'ils ont été ici énoncés.

On pourroit objecter que ces principes ne ſont pas d'égale dignité à ceux-ci.

L'angle de réflexion eſt égal à l'angle d'incidence.

Les rayons tombant obliquement d'un corps tranſparent dans un autre de différente tranſparence ſe courbent.

Mais on peut répondre que la vérité de ces deux derniers principes n'eſt connue que par les obſervations qu'on en a faites, & que le ſeul avantage qu'ils ont, eſt qu'ils ſont plus ſimples, & que les expériences en ſont plus aiſées à faire.

EXPLICATIONS

DES PRINCIPALES APPARENCES DE COULEURS CAUSE'ES PAR LA RE'FRACTION.

PREMIÈRE APPARENCE.

SI le Soleil étant beaucoup élevé, on reçoit dans un lieu obſcur un rayon ſolide de deux ou trois lignes d'epaiſſeur dans un vaiſſeau, où il y ait de l'eau de cinq ou ſix lignes de hauteur ſur un fond blanc, on verra autour de la baſe lumineuſe du rayon, une ombre fort obſcure, & tout le reſte du fond du vaiſſeau ſera fort éclairé.

EXPLICATION.

a b c d, dans la figure 22e, repréſente la ſection de l'eau du vaiſſeau ; *a d* eſt la ſurface ſupérieure de l'eau, & *b c* le fond du vaiſſeau, qu'on ſuppoſe très-blanc & peu éloigné de l'ouverture par où paſſe le rayon ; E F eſt le diamétre de la baſe de la lumière. TAB. VIII. Fig. 22.

Il eſt évident par ce qui a été dit en la troiſième Suppoſition, que ſi les rayons E *q*, F *l*, font les angles E *q a*, F *l d*, plus grands que de quarante-

rante-deux degrez, une grande partie de la lumière des rayons E *q*, F *l*, paſſera dans l'air, & il s'en réfléchira peu en *q e* & *l* K; & que ſi les angles E *b a* & F *m d* ſont moindres que de 41 degrez 20', toute la lumière des rayons E *b* & F *m* ſe réfléchira vers le fond du vaiſſeau comme en *b r* & en *m g*.

Par les mêmes raiſons tous les autres rayons qui du rond lumineux, dont E F eſt le diamétre, s'étendront entre *l* & *q*, ne réfléchiront qu'une partie de leur lumière, & ceux qui s'étendront au-dela des points *m* & *b* ſous un angle égal, ou moindre que E *b a*, ſe réfléchiront entièrement. D'où il doit arriver, que les eſpaces K *b* & *e c* ſeront beaucoup illuminés, & que K E & F *e* le ſeront fort peu; & par conſéquent la partie qui eſt entre *e* & F, auprès de la ligne illuminée E F, recevant cette foible lumière, elle paroîtra obſcure en comparaiſon du reſte qui eſt entre *e* & *c*. La même choſe arrivera de l'autre part, & ainſi la ligne *e* K ſera le diamétre de ce rond obſcur, & le reſte du fond du vaiſſeau ſera fort éclairé, comme il eſt repréſenté dans la petite figure *y y*.

Il ne paroît point de jaune ni de bleu ſenſible en E F, parce que les rayons rompus ſont reçûs à une trop petite diſtance de *a d*, & que l'incidence étant peu oblique par l'hypothèſe, la réfraction eſt trop petite.

Si la hauteur de l'eau eſt plus grande que de cinq ou ſix lignes, le rond obſcur ſera plus grand; & ſi cette hauteur eſt au-deſſous de cinq lignes, il ſera moindre; ce qui eſt aiſé à prouver.

SECONDE APPARENCE.

LEs priſmes équilatéraux de verre ne peuvent faire paroître en même tems que quatre lumières colorées, étant expoſés au Soleil, & les priſmes ſcalènes en peuvent faire paroître plus de huit.

EXPLICATION.

TAB. VII. Fig. 18. LE triangle équilatéral A B C dans la figure dix-huitième, repréſente un priſme équilatéral; D E F *g* eſt un rayon ſolide qui ſe rompt en H I, & enſuite en Q L; il y aura des couleurs fort vives en Q L par le quatrième Principe.

Une partie de la lumière ſe réfléchira de H I en M N, & ſe rompra en *o q*, où il n'y aura point de couleur, par le ſeptième Principe, parce que les courbures D E H, H M *o*, ſont égales, & que les parties extrêmes du rayon ſolide ſont en de différentes ſituations. Le même rayon ſe réfléchira de M N en R S, & ſe rompra en T *n*, où il y aura des couleurs, parce que la partie M R T reprend la même convexité qu'elle avoit en D E H. Les couleurs en T *n* ſeront fort foibles, à cauſe que la lumière ſe diſſipe par la premiere réflexion ſur A B, par la deuxième refraction en I Q, par la troiſième en M *o*, & par la dernière réflexion du

du rayon M R en R y, & par conſéquent on aura beaucoup de peine à diſcerner cette dernière lumière colorée en T *n*, celle qui ſe réfléchira ſur le côté A C, en *u y*, & qui repaſſera dans l'air en *x z*, n'auroit point de couleurs quand elle ſeroit viſible, parce que la partie S *u*, qui vient de F *g*, ſe remet dans la convexité en cette cinquième réfraction; mais la ſixième, qui ſe fera au-delà de B C, après s'être réflechie de *u y* ſur B C, & qui pourroit être colorée, ſera entièrement inviſible par ſa foibleſſe. Les mêmes choſes arriveront à un rayon parallele à D E F *g*, qui tombera ſur B C, comme K *b r d*; car, par les mêmes raiſons, il ne ſera paroître que deux lumières colorées.

Soit maintenant conſidéré le priſme ſcalène de la figure 15e. Il a été prouvé que les deux rayons ſolides *a d* ſont paroître des couleurs en P N & en *g b* par une ſeconde réfraction. On trouvera par le calcul, que le rayon G O retournera par réflexion ſur B C, & paſſera dans l'air, où il ſera des couleurs dans la troiſième réfraction; mais dans la quatrième réflexion de B C ſur A B, ce même rayon ſe réfléchira de B A ſur A C, & ſa lumière repaſſera en partie au-delà de A C, par une quatrième réfraction, où il ſera des couleurs viſibles auſſi-bien que dans la quatrieme réfraction du rayon D *g* de la figure 18e: donc ce ſeul rayon fera paroître ſa lumière colorée en même tems, en trois endroits. Celui qui fait paroître ſa ſeconde réfraction en *g b*, ſe réfléchira ſur A C, & repaſſera dans l'air dans la troiſième réfraction, où il ſera des couleurs; le reſte de ſa lumière ſe réfléchiſſant ſur A C retournera en A B, qu'elle traverſera, & ſera encore des couleurs viſibles, parce qu'elle ne ſera pas plus affoiblie que la lumière T *n* dans la figure 18e; donc ce rayon ſera paroître des couleurs en trois endroits.

Un autre rayon parallele à *a b c d* tombant ſur A C, entre H & C, fera ſa ſeconde réfraction à travers B C, qui ſera fort colorée par le quatrième Principe, & de même que l'eſt la réfraction H L dans la figure 18e.

La partie de ce rayon qui ſe réfléchira ſur A B, s'y réfléchira entièrement, d'où elle reviendra ſur A C, & paſſera à travers faiſant des couleurs en ſa troiſième réfraction, & il s'en fera encore dans la quatrième; mais un autre rayon qui tombera ſur A C, entre A & D, proche de A, ſe rompra ſur A B, d'où il ſe réfléchira entièrement ſur B C, & le traverſera faiſant des couleurs aſſez vives. Par les mêmes raiſons il ſera encore des couleurs en ſa troiſième & quatrième réfraction; ce qui fera en tout douze lumières colorées en même tems: mais il faut bien de l'exactitude pour les pouvoir toutes remarquer; j'en ai ſeulement remarqué quelquefois ſept ou huit en même tems, qui ſuivoient à l'égard de l'ordre des couleurs, & de leur vivacité ou foibleſſe, les régles qui ont été établies.

TROISIÈME APPARENCE.

Lorſqu'on regarde une étincelle de feu, ou une étoile fort claire, à travers un priſme équilatéral de verre, ſitué de manière que les rayons viennent à l'œil après deux réfractions, elle paroît comme une ovale fort longue, colorée de rouge, de verd, & de violet; mais s'il ſe fait une réflexion entre les deux réfractions, elle paroîtra dans ſa couleur & figure ordinaire.

EXPLICATION.

TAB. VIII. Fig. 23. Le triangle A B C, dans la figure 23e, repréſente le priſme de la figure 16e; D eſt l'étincelle ou l'étoile; F G, la prunelle de l'œil; Q*e* L eſt une partie de la choroïde; D I, D M, D K, ſont trois rayons du point lumineux D, qui tombent obliquement ſur B C, & qui paſſeroient après deux réfractions en N*c*, O*e*, P*f*, ſelon les loix ordinaires de la réfraction ſi l'œil étoit ôté; cette lumière ſera colorée par le quatrième Principe; la ligne N*a* repréſente l'écart qui fait l'extrémité du violet; & P*d*, l'écart qui fait l'extrémité du rouge; O*e* eſt dans l'axe de la vûë, & ſelon les loix ordinaires de la Dioptrique, les rayons N*c*, O*e*, P*f*, ſe réüniront au point *e*; donc le centre de l'étoile ſera vû comme au point *y*, dans la ligne viſuelle *e x* O*y*, par la quatrième Suppoſition: mais *x* étant le centre de la vûë, & le rayon N*a* ſe rompant plus haut que le point *e* comme en *r* (il ne peut ſe rompre en *e*, à cauſe de ſa trop grande divergence avec l'axe,) on verra l'extrémité du violet comme au point V dans la ligne viſuelle *r x* V, ſelon la même quatrième Suppoſition.

Par les mêmes raiſons, le rayon P *d* ſe rompant comme en *z* ſur la choroïde, on verra l'extrémité du rouge comme en T, dans la ligne viſuelle *z x* T; & les écarts qui ſont le jaune & le bleu, paſſeront l'un ſur l'autre dans un eſpace de la choroïde entre *r* & *z*, où l'on a marqué ces points noirs pour terminer cet eſpace; & par conſéquent les lignes viſuelles qui de ces points noirs paſſeront, l'une en *x* G, & l'autre en *x* H, termineront les extrémitez intérieures du rouge & du violet; il paroîtra un peu de jaune au-deſſous de G, & du bleu au-deſſus de H, par ce qui a été dit dans l'explication de la figure 17e. Ainſi T G paroîtra entiérement rouge, G H aura du verd dans ſon milieu, H V ſera entiérement violet, & toute l'étincelle paroîtra fort longue: elle paroîtra auſſi médiocrement large, par les mêmes raiſons que les objets très-clairs paroiſſent plus grands qu'ils ne ſont, étant vûs la nuit; la principale de ces raiſons eſt, que les parties de la choroïde, contigues à celles où ſe réüniſſent les rayons, en ſont ébranlées, à peu près de même que s'il y tomboit quelques rayons, & ainſi l'apparence des objets eſt amplifiée.

Le

Le violet ſera en toutes ces apparences beaucoup plus étroit à ſon extrémité que le rouge, parce qu'étant plus foible ſes parties extrêmes ne ſont pas viſibles.

Que ſi l'objet eſt grand comme R S, & qu'il occupe cinq ou ſix degrez dans le fond de l'œil, alors l'eſpace de la choroïde, où tomberont les rayons du point R étant beaucoup éloigné de celui où tomberont ceux du point S, les rayons bleus & jaunes de cet objet, lequel paroîtra comme en E F, ne ſe mêlant point enſemble ſur la choroïde, on verra du rouge en l'eſpace E 2, du jaune entre 2 & 3, du bleu entre 4 & 5, du violet entre 5 & F; tout le reſte entre 3 & 4 paroîtra blanc ſi l'objet eſt blanc, par le troiſième & par le cinquième Principe.

Si on tourne le priſme en ſorte que le premier rayon rompu du rayon qui vient du milieu de l'objet R S, ſoit parallele au côté A B, on verra cet objet environ trois fois plus grand que s'il étoit vû ſans le priſme, à cauſe des écarts qui font le rouge & le violet; & ſi on regarde la lune de même, elle paroîtra environ trois fois plus grande ſelon l'ordre des couleurs, que dans l'autre ſens. Le verd qui paroîtra au milieu, ſera preſque de la même grandeur que la lune vûe ſans le priſme, dont on connoîtra la cauſe par la figure 17e, qui eſt que l'écart du jaune du rayon C M K, & l'écart du bleu du rayon D M R, font le verd en l'eſpace R M K, & l'angle R M K n'eſt que d'environ 32′, 10″ dans les priſmes équilatéraux, quand le rayon du centre de la lune fait ſon premier rayon rompu parallele à la baſe du triangle. Les couleurs qui paroiſſent aux extrémitez d'un grand objet ſont beaucoup plus vives que celles qui paroiſſent aux extrémitez d'un petit objet, particulièrement le violet; car les écarts violets des parties proches du point F fortifieront ceux de l'extrémité S, comme il a été montré en la 17e. figure. Que ſi cet objet R S, ou l'étincelle, ſont élevés plus haut, en ſorte que leurs rayons tombent obliquement ſur le côté A B, & ſe rompent ſur B C, on verra les mêmes apparences, ſi ce n'eſt que le violet paroîtra en haut, & le rouge en bas; mais alors il faudra diriger l'axe de la vûë, de manière qu'il paſſe par la ligne A B, & au lieu que quand les rayons paſſent par A C, l'objet paroît beaucoup plus bas qu'il n'eſt, il paroîtra beaucoup plus élevé quand les rayons paſſeront par A B; ce qui ſe prouvera par les mêmes raiſons.

Le même priſme, dans la figure 24e, étant ſitué de même, ſi l'étoile eſt au-deſſus de A B, de manière que le rayon ſolide *d b* qui en procéde, tombe deſſus perpendiculairement, & paſſe ſans ſe rompre juſques ſur A C en *e f*; il ſe réfléchira entièrement en *e b f g* ſur C B, par la troiſième Suppoſition, parce que l'angle *b e* A ne ſera que de trente degrez; & il repaſſera dans l'air en *g* I *h* L ſans ſe rompre, & l'œil recevant ce rayon en I L, l'étoile paroîtra ſans couleurs, car ce rayon *g* I *h* L ſera ſans couleurs, par le ſeptième Principe. TAB. IX. Fig. 24.

Mais, parce qu'il ne ſe fait point d'écart dans les rayons *g* I, *h* L,

à cauſe qu'ils ne ſouffrent point de réfraction; ils ſe réüniront en un point ſur la choroïde, & l'étoile ſera vûe petite, comme ſi le priſme étoit ôté; mais elle ſera vûe dans une ligne viſuelle, parallele à *g l*, qui paſſera entre *g* & *h*.

On verra encore la même étoile ſans couleurs & fort petite, ſi ce rayon *d b* tombe obliquement ſur A B, comme on le voit en la figure: car il ſe rompra comme en *b K b m*, & ſe réfléchira comme en *n o*, & ſe rompra enfin en *n p o q*, où l'on ſuppoſe que l'œil le reçoit, & il n'aura point de couleurs ni d'écarts, par le ſeptième Principe; & par conſéquent on verra l'étoile petite & toute blanche ſelon la direction du rayon *p n q o*. Si on expoſe auſſi toute la ſurface A B directement au ſoleil, on ne verra point de couleurs au-delà du priſme: car C T étant perpendiculaire à A B, elle diviſera cette ligne également en T; & toute la lumière qui paſſera entre A & T, ſera de même que le rayon ſolide *d b* parallele à T *c*, c'eſt-à-dire, qu'elle ſe réfléchira entiérement de la ſurface A C ſur B C, & paſſera au-delà de B C; où elle ſera ſans couleurs. La lumière qui tombera entre T & B, ſe réflechira de même de B C ſur A C, & paſſera au-delà de A C ſans ſe rompre, & ſera auſſi ſans couleurs; & on verra deux lumières blanches de-çà & de-là de l'ombre que ſera le priſme, ſi on le reçoit ſur quelque ſurface blanche; & ſi on regarde alors le ſoleil à travers la ſurface C B & qu'on en puiſſe ſouffrir l'éclat, on le verra tout rond & blanc par le 7e. Principe.

Les mêmes apparences ſe feront ſi l'objet eſt grand comme R S en la 23e. figure; car on le verra ſans couleurs, & dans ſa véritable figure: mais il paroîtra en une ſituation renverſée, par la même raiſon qu'un miroir plat ſitué horiſontalement fait paroître renverſés les objets qui lui ſont perpendiculaires; car la ſurface repréſentée par A C, ſert de miroir en cette rencontre.

TAB. IX. Fig. 25. Le même effet arriveroit, ſi les baſes du priſme étoient quarrées, comme A B C D. Car un rayon ſolide fort oblique, comme *e f e* K, tombant ſur A B & ſe rompant en *g m*, feroit l'angle A *g f* de quarante-huit degrez à peu près, & par conſéquent l'angle A *g f* ſeroit de quarante-deux degrez. Donc par la troiſième Suppoſition, la lumière ſe réfléchiroit entiérement en *h n* ſur C D, & ſe romproit une ſeconde fois en *i o* faiſant la courbure *i h g* égale à la courbure *e f g*, à cauſe de la ſimilitude des triangles *f g* A, *g h* C; & l'œil étant en *i o* verroit l'objet renverſé, & ſans couleurs, parce que les parties extrêmes auroient changé de ſituation. Mais ſi ce priſme étoit d'eau, ou de glace, il paſſeroit une partie de la lumière du rayon *f g* K *m* par réfraction en *g l*, par la troiſième Suppoſition, à cauſe que l'angle *f g* A ſeroit d'environ quarante-huit degrez; & l'on verroit alors des couleurs en *p l*, comme on en voit par les rayons qui ont ſouffert deux réfractions ſans réflexion dans un priſme de verre dont les baſes ſont triangulaires.

QUA-

QUATRIÈME APPARENCE.

Lorſque les rayons d'un objet lumineux ou illuminé, aiant paſſé par un priſme équilatéral, raſent la dernière ſurface & ſont reçûs dans l'œil; on voit l'objet beaucoup plus grand qu'il ne paroît ſans le priſme: mais ſi la première incidence de ces rayons eſt fort oblique, & la ſortie peu oblique; il paroîtra beaucoup plus petit.

a b, dans la figure 16e, eſt un objet médiocrement éloigné, & ſoutendant au centre de l'œil, un angle de deux degrez. Le rayon *f x* vient du point *b*, & fait l'angle A *x f* de 62^d, 4′; on trouvera par le calcul que ſon ſecond rayon rompu *b* R ſera l'angle C *b* R de 40′: *y d* eſt un autre rayon venant du point *b*; on le ſuppoſe à peu près parallele à *f x*: *u d* eſt un rayon du point *a*, faiſant l'angle *u d y* de deux degrez: L *d n* eſt perpendiculaire à A B: l'angle *u d* L ſera de 29^d, 56′; ſon ſinus eſt 49899: 33266, qui eſt les deux tiers de ce nombre, eſt le ſinus de l'angle diminué *n d p* de 19^d. 26′. Donc B *d p* ſera de 70^d, 34′, & B *p d* de 49^d, 26′. Et en continuant le calcul on trouvera que le ſecond rayon rompu *p* 3 ſera l'angle C *p* 3 de 12^d, 42′, & que C *b* R étant de 40′, l'écart des rayons *p* 3 & *b* R ſera de 12^d, 2′. Donc l'œil recevant ces deux rayons *p* 3 & *b* R, il verra l'objet *a b* comme s'il étoit de 12^d, 2′; & y ajoûtant les écarts du rouge & du violet, cet objet paroîtra plus de ſix fois plus grand que s'il étoit vû ſans le priſme. Mais, ſi réciproquement un autre objet eſt compris entre les lignes *p* 3 & *b* R continuées, & que l'œil ſitué en *u y*, reçoive ſes rayons à travers le priſme; il paroîtra ſous l'angle *u d y* de deux degrez; & ajoûtant un degré pour les écarts du rouge & du violet, cet objet paroîtra alors plus de quatre fois moindre que s'il étoit vû ſans le priſme. On trouvera de ſemblables effets à peu près dans un priſme ſcalène comme celui de la figure 10e, & on le prouvera par un ſemblable calcul, ſoit que les rayons viennent à l'œil après deux réfractions ou ſeulement après une. TAB. VII Fig. 16.

CINQUIÈME APPARENCE.

S'Il y a quelque fond blanc A B, *dans lequel il y ait un rectangle noir, a b d c, d'environ un pouce de largeur, & que vous le regardiez à neuf ou dix pieds de diſtance à travers un priſme équilatéral, vous verrez l'eſpace, a b c d, d'un rouge de pourpre.* TAB. IX Fig. 26.

EXPLICATION.

L'Eſpace blanc du papier qui eſt au-deſſus de la ligne *a d*, doit produire dans l'œil du bleu, qui paroîtra s'avancer juſques à *e* T, & du violet, qui paroîtra s'étendre juſques à *b c*, par le premier & par le

le 2e. Principe, & par la 4e. Suppoſition: mais l'eſpace blanc qui eſt au-deſſous de *bc*, doit faire paroître du rouge depuis *bc* juſques à *ad*, & du jaune depuis *bc* juſques a *gh*, par les memes principes. D'où il s'enſuit, que le violet du blanc ſupérieur, & le rouge du blanc inférieur, tomberont ſur le fond de l'œil aux mêmes endroits où tombe l'image de l'objet noir *abcd*; & ſe confondant enſemble ils feront paroître par leur melange un rouge de pourpre, lequel à cauſe de ſon éclat empêche que le noir ne faſſe aucune impreſſion ſur la vûë.

On connoîtra facilement cette vérité, ſi on regarde le même objet à trois ou quatre pieds de diſtance: car alors le violet ſupérieur ne s'étendra que juſques au tiers de l'eſpace noir à peu près, & le rouge de même; & par ce moïen on verra du noir dans le milieu, du rouge & du jaune au-deſſous du noir, & du violet & du bleu au-deſſus.

On s'aſſûrera encore de ce mêlange du rouge & du violet, en regardant à dix pieds de diſtance le même objet, après avoir mis du noir dans les eſpaces *pbmn* & ILK*d*, comme la figure le montre: car l'eſpace *abpr* ſera d'un vrai rouge & fort diſſemblable à celui qui paroît en *abcd*, & l'eſpace *dKco* paroîtra violet; d'où l'on connoîtra évidemment, que la couleur qui paroît en *abcd*, ſe fait par le mélange d'un rouge ſemblable à celui qui paroît en *abpr*, & d'un violet ſemblable à celui qui paroît en *dKoc*.

On voit un ſemblable effet, lorſqu'étant dans une chambre on regarde à travers un priſme un chaſſis de verre ou de papier fort éclairé, dans une diſtance de dix ou douze pieds: car le haut du premier quarré du chaſſis paroîtra d'un vrai rouge; mais le haut de tous les autres quarrez au-deſſous paroîtra d'un rouge de pourpre, à cauſe que le violet du bas du quarré ſupérieur ſe mêle avec le rouge, produit par le quarré qui eſt au-deſſous, & ces deux couleurs s'avancent ſur la petite largeur de bois qui eſt entre deux, qui ne fait point paroître ſes couleurs, parce qu'elles ſont trop obſcures. Par ces apparences on peut réſoudre le Problème de Phyſique ſuivant, qui eſt aſſez ſurprenant.

PROBLÈME DE PHYSIQUE.

TRouver un objet tel qu'étant regardé à travers un priſme de verre, on puiſſe voir du rouge vers le haut & du bleu vers le bas, ou du bleu vers le haut & du rouge vers le bas, ou toutes les deux extrémitez rouges, ou toutes deux bleues, ou toutes deux ſans couleurs; ſans changer la ſituation de l'œil, ni du priſme, ni de l'objet, ni ſans rien mettre entre deux.

TAB. IX. Fig. 27. Pour réſoudre ce Problême, il faut choiſir un objet comme *gh*, long de ſept à huit pouces, de telle largeur qu'on voudra, comme de deux pouces, & qui ſoit d'une couleur peu vive, comme eſt celle du bois, ou du papier gris. Car ſi on met un fond noir ABCD, par derrière; le haut *gm* paroîtra rouge, & le bas *hf* paroîtra bleu, comme il a été expli-

expliqué dans la troiſième Apparence. Si tout le fond A B C D eſt blanc, l'extrémité *g* paroîtra bleue & violette, & l'autre extrémité *h* paroîtra rouge & jaune, non pas par leur propre lumière, mais par celle du fond, qui ſera plus forte, & avancera ſon rouge depuis *h* juſques en *f*, par le ſecond Principe. Il paroîtra du bleu en l'eſpace *g m*, & du violet en l'eſpace *g n*.

Que ſi la moitié du fond eſt blanche, ſçavoir A E F B, & l'autre moitié E D C F noire; il paroîtra du bleu en *g m* & en *h f*: mais ſi au contraire la moitié E B eſt noire, & l'autre blanche; les deux extrémitez *g* & *h* paroîtront rouges par les raiſons ci-devant. Enfin, ſi tout le fond eſt d'une couleur qui n'ait pas plus d'éclat que celle de l'objet *g h*, alors ſes extrémitez paroîtront dans leur couleur naturelle, parce que le rouge du fond détruira le bleu de l'objet, & le rouge de l'objet détruira le bleu du fond; & il arrivera la même choſe, que quand on regarde à travers un priſme le milieu d'un grand eſpace tout d'une même couleur, lequel paroît toûjours avec ſa propre couleur.

SIXIÈME APPARENCE.

SI on met un oculaire convexe A B *dans une ouverture de même largeur, faite dans un ais, ou dans quelque autre corps opaque, & qu'on y reçoive la lumière du Soleil directement; la lumière, après avoir traverſé le verre, ſera rouge & jaune vers ſes extrémitez entre le verre & ſon foyer; les extrémitez de la même lumière ſeront bleues au-delà du foyer; mais l'intérieur de la lumiere ſera blanc de même que toute celle qui eſt au foyer.*

EXPLICATION.

A B, dans la figure 28e, eſt une lentille également convexe des deux côtez; *e* eſt le centre de la convexité A *d* B; C *d e* F eſt l'axe de la lentille, par où paſſe un rayon du centre du ſoleil; E *d* eſt un rayon d'une extrémité du diſque du ſoleil, & *f d* un rayon de l'autre extrémité oppoſée; *g* I, *l* B, ſont deux rayons paralleles à E *d*; *m* I, *n* B, ſont deux autres rayons paralleles à *f d*; les rayons *m* I, *n* B, ſe rompront en leur foyer *o*, où ils s'entrecouperont, & paſſeront en G & *h*, & les rayons *g* I, *l* B, ſe rompront en leur foyer *p*, & paſſeront en *q* & R. TAB. IX. Fig. 28.

Or, ſi tout l'eſpace A I de la lentille étoit couvert, il ſe feroit un même effet dans l'ouverture B I, que dans celle d'un priſme; ſçavoir, que les rayons *l* B, *g* I, feroient du rouge & du jaune, parce qu'ils ſeroient dans la convexité de la courbure; & *n* B, *m* I, feroient du bleu & du violet, parce qu'ils ſeroient dans la concavité: la même choſe arriveroit vers le point A, s'il y avoit un petit endroit découvert. D'où il s'enſuit, que ſi on découvre tout le verre A B, cela ne changera rien aux

aux rayons extrêmes B *p* & A *o*, & le rouge & le jaune y paroîtront; mais le rayon B *o* ne pourra manifeſter ſon bleu entre B & *o*, parce qu'il y tombe beaucoup d'autres rayons de diverſes parties du ſoleil qui le coupent, & par le Principe troiſième il n'y paroîtra point de couleurs; mais au-delà du foyer *o*, ce rayon B *o* paſſant en G, ſe ſépare de tous les autres, & leur devient extérieur, & par ce moïen il manifeſte ſon écart bleu & violet en G, au lieu que le rayon B *p* rentre au dedans de la lumière & vient en R, où il rencontre beaucoup de rayons des autres parties du ſoleil, qui détruiſent ſa couleur rouge, & font paroître cet endroit blanc par le même troiſième Principe.

Par les mêmes raiſons, le bleu paroîtra en *p* N, & le rayon A *o* M, qui manifeſtoit ſon rouge juſques près du foyer *o*, le perdra depuis ce foyer juſques à M.

Que ſi on met entre le foyer & le verre un corps opaque comme *y* V, où il y ait une petite ouverture I', par laquelle une partie de la lumière paſſe en *r b*, l'extrémité de cette lumière vers *r* paroîtra rouge, & l'autre extrémité vers *b* paroîtra bleue, par les mêmes raiſons que lorſqu'on ne laiſſe qu'une petite ouverture en I B. Mais ſi on met au-delà du foyer *o p* le même corps opaque percé du même trou, en ſorte que la lumière qui y paſſera, tombe au même endroit *b r*; le contraire arrivera: car l'extrémité vers *b* ſera rouge, & l'extrémité vers *r* ſera bleue; ce qui ſe prouve en cette ſorte. Aïez un corps opaque *u x*, rencontrant les rayons *p q*, *o b*, au point *x* où ils ſe coupent; il eſt clair par les choſes qui ont été dites dans l'explication de la figure 17e, que l'écart rouge du rayon *p x q* ſe ſéparera de tout le reſte de la lumière, & ſon action n'étant point empêchée par d'autres rayons, ſon rouge ſe manifeſtera dans l'extrémité de la lumière vers *b* & *q*; mais l'écart bleu du rayon *o x b* recevra d'autres rayons en *b*, qui effaceront ſon bleu, & la lumière y paroîtra blanche: le contraire arrivera, ſi on ôte ce corps opaque *x u*, & qu'on en mette un autre comme *s x*; car le rayon *x b* ſe ſéparera du reſte de la lumière, & fera paroître ſon écart bleu au-delà de *b* vers *r*. Donc, ſi on met un corps opaque *s x u* percé d'une petite ouverture en *x*, ſon extrémité du côté du point *s* laiſſera paſſer un rayon comme *x b*, qui fera paroître du bleu en *b* & vers *r*; & l'autre extrémité de l'ouverture du côté du point *u*, laiſſera paſſer le rayon *x q*, & quelques autres fort proches, qui feront paroître du rouge & du jaune vers *q* & vers *b*.

SEPTIÈME APPARENCE.

Lorſque le Soleil éclaire fort obliquement de l'eau claire & calme, ſi on met un corps opaque vers le milieu, ſoit qu'il touche l'eau, ou qu'il en ſoit un peu éloigné; on verra du bleu dans la pénombre plus éloignée du Soleil, & du rouge dans la plus proche.

EX-

EXPLICATION.

AB eſt la ſurface ſupérieure de l'eau, & CD le fond, qu'on ſuppoſe être d'une matière blanche; EF eſt le corps opaque; GII l'ombre de ce corps; GI, LH, les pénombres; *me*, ME, NF, *nf*, ſont les rayons du ſoleil qui paſſent vers les extrémitez du corps opaque EF, & qui ſe rompent en *p*G, & HO: il paroîtra du rouge en la pénombre GI, & du bleu en la pénombre LH. Car, ſi on couvre avec des corps opaques les eſpaces A*e* & *f*B, en ſorte qu'il ne paſſe aucune lumière, qu'entre F*f* & *e* E; il eſt évident par ce qui a été dit dans l'explication des figures neuf & dix, & par le premier Principe, qu'il y aura du rouge jaunâtre en K*o* & en G *i* dans les convexitez des courbures, & qu'il y aura du bleu en LH & en *q p* dans les concavitez. Mais ſi on ôte les deux corps opaques *f*B & A*e*, & qu'il ne reſte que le corps EF, il n'arrivera aucun changement aux lumières qui ſont en LH & GI, parce qu'il n'y viendra aucuns rayons de la lumière qui paſſera par A*e* & par *f* B; & par cette raiſon elles conſerveront leurs couleurs: mais les écarts rouges qui étoient vers *o*K, & les bleus qui étoient vers *p q*, recevront pluſieurs rayons qui y viendront de toutes les parties du ſoleil; & par conſéquent le rouge & le jaune diſparoîtront en *o*K, & le bleu en *p q*, & la lumière y ſera toute blanche, par le troiſième Principe; d'où il s'enſuit qu'on verra ſeulement du bleu dans la pénombre LH, & du jaune vers la pénombre G*i*. TAB. IX. Fig. 29.

HUITIÈME APPARENCE.

Lorſqu'on regarde fort obliquement un objet blanc, comme EF, au fond d'un vaiſſeau plein d'eau, l'objet étant fort illuminé, & le vaiſſeau de couleur brune, on verra ſon extrémité vers F bleue, & celle vers E rouge. TAB. X. Fig. 30.

EXPLICATION.

ACDB repréſente le vaiſſeau; OP eſt la ſurface de l'eau; EF l'objet; les rayons E*g*, E*b*, qui tombent ſur cette ſurface OP, ſe rompent comme en *g n*, *b* I; & les rayons F*g*, F*b*, ſe rompent en *g m*, *b* L: d'où il ſuit que le rayon *g n*, qui vient du point E, ſera dans la convexité de la courbure; & que *b* L, qui vient du point F, ſera dans la concavité: il ſuit auſſi que l'œil étant en LI *m n* recevra ſur la choroïde l'écart de *g n*, qui ſera rouge, plus haut que le point *n*; donc par le premier Principe, & par ce qui a été dit dans l'explication de la troiſième Apparence, il verra du rouge vers E. TAB. X. Fig. 30.

Par de ſemblables raiſons il verra du bleu vers F par l'écart du rayon *b* L; & par conſéquent l'extrémité F paroîtra bleue, & l'autre extrémité E paroîtra rouge.

On connoîtra encore cette vérité, ſi l'on conſidére l'objet EF comme un corps lumineux: car ſa lumière rompue en L*n* ſeroit colorée de bleu vers L, & de rouge vers *n*, par le premier Principe; mais par la quatriéme Suppoſition, les rayons qui viennent du point E & du point F, font une décuſſation dans l'œil, & par conſéquent l'œil étant en L*n* verra le point E rouge & le point F bleu.

On verra une ſemblable apparence, ſi l'objet EF eſt couvert d'un verre à boire, aiant la figure d'un cone, comme *y*Q*z*, plein d'air & couvert d'eau: car un rayon comme F *q* paſſant de l'air qui eſt ſous le verre, dans l'eau qui eſt à l'entour, ſe rompra comme en *qs*, & ſe rompra une ſeconde fois comme en *sm*, par la troiſiéme Suppoſition: un autre rayon du même point F, comme F*r*, ſe rompra comme en *ro*, enſuite comme en *o*L: il y aura auſſi un rayon comme E *d* qui ſe rompra en *du*, & viendra comme en *n*, en ſa deuxiéme réfraction; & un autre du même point E, qui après deux réfractions viendra comme en I; ce qui ſera une apparence de couleurs vers les extrémitez de l'objet EF, comme ſi le verre n'y étoit pas; les couleurs ſeront foibles dans l'une & l'autre expérience, ſi l'objet n'eſt pas très-blanc & beaucoup illuminé: mais il y aura deux autres apparences fort ſurprenantes; la premiére, que l'œil étant placé en L*n*, il verra l'objet EF au haut du verre, comme entre R & Q, ſelon la direction des rayons *ms*, *nu*.

La ſeconde, que l'œil étant placé plus près du point B, comme en K, il ne verra point l'objet EF; ce qui procéde de ce qu'il ne recevra aucun de ſes rayons: car il ne recevra point les rayons rompus *sm*, *un*, *o*L, puiſqu'il ſera élevé au-deſſus d'eux. Il ne recevra pas auſſi ceux qui tomberont vers le point R, comme FR: car la premiére réfraction de FR, étant comme en R*b*, & la ſeconde comme en *b*3, ce rayon *b*3 paſſera encore au-deſſous du point K, & par conſéquent l'œil ainſi placé ne verra point cet objet; ce qui n'arrivera pas ſi on fait ſortir l'air de deſſous le verre en le couchant dans l'eau & le remettant en ſa premiére poſition: car le verre étant alors plein d'eau, il ne ſera point de réfractions ni en *r* ni en *d*, & celle qui ſe fera dans la petite épaiſſeur de la matiére du verre, n'empéchera point conſidérablement la rectitude des rayons dans l'eau, à cauſe que les ſurfaces de cette épaiſſeur ſont paralleles. Donc l'œil étant en K verra EF par des rayons rompus comme *a* K, *e* 4, dont le premier viendra du rayon F*ra*, qui ſe rompra en *a*K, & l'autre du rayon E*de*, qui ſe rompra en *e* 4; & en ce cas l'objet paroîtra à l'œil qui ſera placé en K4, comme ſi le verre n'y étoit pas. On pourra par ce moïen donner de l'étonnement à ceux qui auront les yeux placés comme en K 4, en leur faiſant paroître ou diſparoître, quand on voudra, une piéce d'argent qui ſera en EF, en la couvrant avec un verre, où il y ait ſucceſſivement de l'air & de l'eau.

NEU-

NEUVIÈME APPARENCE.

LEs verres taillés à facettes, les plumes des ailes des oiſeaux, les cheveux, les poils des paupières, font paroître diverſes couleurs dans les objets lumineux, ou fortement illuminés, & les font voir en pluſieurs endroits.

EXPLICATION.

AE eſt un verre taillé à facettes, repréſentées par les lignes A*b*, *bc*, *c*E, E*d*, *de*, *e*A; la ligne *af* repréſente l'objet, qu'on ſuppoſe être blanc; les ſurfaces A*b*, *c*E, recevant des rayons de cet objet, les mêmes effets ſe feront ſur l'œil étant au point *x*, que s'ils avoient traverſé un priſme de verre, puiſque la partie A*be* eſt faite comme un priſme, auſſi-bien que *c* E *d*: donc, par les mêmes raiſons qui ont ſervi à expliquer les couleurs de l'objet RS dans la troiſième Apparence, l'objet *af* paroîtra en *hg* avec les écarts *go* & *hn*; le point *a* paroîtra vers *go* avec du violet & du bleu; & le point *f*, vers *hn* avec du rouge & du jaune. TAB X. Fig. 31.

Par de ſemblables raiſons, on verra le même objet *af*, en *i*K, aiant du rouge & du jaune en l'écart *im*, où paroît l'extrémité *a*, & du violet & du bleu en l'écart K*p*, où paroît l'extrémité *f*; & ſi l'objet *af* étoit fort petit, on verroit du verd dans le milieu de *gh* & de *i*K, par le ſixième Principe.

Les rayons qui tomberont ſur les ſurfaces paralleles *bc*, *ed*, feront voir l'objet *af* à peu près dans le même lieu où il eſt, & dans ſa même grandeur, & il paroîtra ſans couleurs, par le ſeptième Principe: donc cet objet ſera vû en trois endroits.

Il eſt aiſé de juger qu'il paroîtroit en pluſieurs autres endroits, s'il y avoit davantage de facettes, & que la plûpart de ces apparences ſeroient de diverſes couleurs, plus ou moins vives, ſelon que les réfractions ſeroient plus ou moins grandes. Et parce que le milieu de chaque petite plume tranſverſale d'une plume de l'aile d'un oiſeau a quelque partie taillée en priſme, & qu'elle eſt un peu tranſparente, particulièrement dans les ailes des alloüettes & de la plûpart des autres petits oiſeaux; celles à travers leſquelles on regardera des objets lumineux, feront paroître ces objets avec des couleurs différentes, ſemblables à celles que les priſmes font paroître.

Les poils ſont compoſés intérieurement de pluſieurs fibres, & il s'y fait pluſieurs réfractions différentes, de même que dans les verres taillés à facettes: & par cette raiſon, ſi vous regardez la flamme d'une chandelle, & que vous teniez un cheveu perpendiculairement au-devant de la prunelle de l'œil; il vous paroîtra un rayon à droite & un à gauche, chacun compoſé de pluſieurs petites apparences de flammes de chandelle

diverſement colorées, celles à gauche aiant leurs couleurs en un ordre contraire à l'ordre de celles qui paroiſſent à droite. D'où il eſt évident, que ſi on ferme les yeux à demi en regardant une chandelle allumée, on doit voir pluſieurs de ces rayons à travers les poils des paupières. Il eſt vrai qu'il paroit ſouvent deux grands rayons ſans couleur, l'un en haut, & l'autre en bas, quand on regarde une chandelle allumée en fermant un peu les yeux: mais ces rayons-là procédent des réflexions qui ſe font ſur les bords intérieurs des paupières, leſquels étant fort polis réfléchiſſent cette lumière, & la font paſſer dans les yeux. On le pourra croire facilement, ſi on approche une ſurface polie fort près de l'œil, la tenant de manière que la lumière de la chandelle puiſſe ſe réfléchir dans l'œil; car on verra par ce moïen l'un ou l'autre de ces grands rayons ſans couleurs.

Les couleurs qui paroiſſent dans les diamans taillés à facettes, procédent de la réflexion de quelques rayons de lumière, qui aiant pénétré le diamant, ſoit directement, ſoit en ſe rompant, ſe réfléchiſſent ſur ſes dernières ſurfaces, & en reſſortant à l'air font quelques autres réfractions qui leur donnent des couleurs différentes, comme s'ils avoient paſſé par un priſme.

On pourra expliquer par de ſemblables raiſons les apparences de couleurs produites par toutes ſortes de matières tranſparentes, quand on les voit de près, & qu'on peut connoître leurs figures. Mais, quand les matières tranſparentes qui font paroître des couleurs, ſont éloignées, & qu'on ne peut connoître leurs figures que par conjecture; ou bien ſi leurs figures étant connues, leurs différentes parties font faire des réfractions différentes aux rayons paralleles qui tombent deſſus; il eſt très-difficile de ne s'y point embaraſſer.

On pourra connoître ces difficultez dans les diſcours ſuivans.

DIXIÈME APPARENCE.

L'ARC-EN-CIEL.

CEtte apparence eſt plus difficile à expliquer que les autres, puiſqu'on peut ignorer qu'elle ſe faſſe dans les goutes de la pluie, ou qu'on peut croire qu'elle procéde de la ſeule réflexion des rayons du ſoleil ſur la partie convexe de ces goutes; & dans ces deux cas il eſt évident qu'on ne peut rien dire qui ait la moindre apparence de vérité. On en verra un exemple, ſi on lit avec un peu d'attention les raiſonnemens d'Ariſtote dans le quatrième chapitre de ſon troiſième livre des *Meteores*

Ceux qui ſont perſuadés par beaucoup d'obſervations, que l'Arc-en-ciel ſe fait par réfraction dans les goutes de la pluie, ne laiſſent pas d'y trouver beaucoup de difficultez, dont les principales ſont; que quelques-

ques-uns des rayons qui viennent d'un même point du ſoleil, ſe coupent en leur première réfraction au dedans de la goute; qu'il y en a qui ne ſe coupent qu'en leurs réflexions, & qu'il y en a encore qui ne ſe coupent, ni dans leurs réfractions, ni dans leurs réflexions; que pluſieurs des rayons qui ſont paralleles ou ſenſiblement paralleles avant que d'entrer dans la goute, reprennent en ſortant après deux réfractions & une réflexion, le même paralleliſme & la même diſtance entre eux, & demeurent en la même ſituation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures; & enfin qu'il y en a pluſieurs autres qui changent cette ſituation, & deviennent fort divergens entre eux.

Or, toutes ces différences doivent faire des effets différens; & ſi elles ne ſont pas connues, il eſt manifeſte qu'il eſt impoſſible qu'on ne ſe trompe pas dans l'explication des apparences qu'elles produiſent.

Jean Fleiſcher, de Breſlau en Siléſie, dans un livre qu'il a fait imprimer en 1571, explique les couleurs de l'Arc-en-ciel par la réfraction, & par la réflexion des rayons du ſoleil ſur les goutes de la pluie: il ſuppoſe qu'il ſe fait deux réfractions de ſuite dans une même goute, & une réflexion ſur la ſurface convexe d'une autre goute en cette ſorte.

B eſt le ſoleil; *c d* eſt une goute de pluie; le rayon ſolide B*c* ſe rompt en *c d*, & de *c d* en *de* ſur la goute E, d'où il ſe réfléchit ſur les yeux en A. Mais cet Auteur n'a pas pris garde, qu'après deux réfractions de ſuite en une même goute, les rayons s'entrecoupent au dehors, & deviennent trop divergens au-delà de leur interſection, & qu'ils le deviennent encore plus lorſqu'ils tombent ſur la convexité d'une ſeconde goute, & par conſéquent ils ne peuvent s'étendre avec aſſez de force juſques à l'œil. TAB. X. Fig. 32.

On ne peut auſſi expliquer par cette hypothèſe, ſous quel angle l'Arc-en-ciel doit paroître, ni l'ordre des couleurs; d'où il s'enſuit qu'elle eſt inſuffiſante.

REMARQUE.

La réfraction, d e, eſt appellée, dans cette figure 32e, la ſeconde réfraction: mais dans d'autres figures où elle n'eſt point conſidérée, on appelle la ſeconde réfraction celle qui eſt la troiſième; & même celle qui eſt la quatrième, s'appelle la ſeconde, quand la deuxième & la troiſième ne ſont point conſidérées. Ainſi, dans la figure 34e, on appellera I *d la ſeconde réfraction, parce qu'on ne conſidère pas la ſeconde* T *u.*

Il faut auſſi remarquer que la lumière du rayon n O *s'affoiblit par la première reflexion en* O *z, par la ſeconde réfraction en* T *u, par la troiſième en* I *d, & ainſi de ſuite.* TAB. X. Fig. 34.

Antoine de Dominis, Auteur Italien, dans un livre imprimé en 1611, explique aſſez bien l'Arc-en-ciel intérieur par deux réfractions, & une réflexion dans une même goute, en quoi il a prévenu M. *Deſcartes*.

Mais il s'eſt trompé en ce qu'il a cru que les rayons qui tombent ſur les extrémitez des goutes, produiſoient l'Arc-en-ciel extérieur par deux réfractions & une ſeule réflexion: car on trouve par le calcul que ces rayons dans leur ſeconde réfraction doivent faire un angle beaucoup moindre avec le rayon du ſoleil qui paſſe par l'œil, que celui ſous lequel on voit l'Arc-en-ciel intérieur; & cependant l'Arc-en-ciel extérieur fait cet angle beaucoup plus grand que l'Arc-en-ciel intérieur; joint à cela que les rayons qui tombent fort obliquement ſur une goute d'eau, ne font point de couleurs ſenſibles dans cette ſeconde réfraction, comme on le fera voir dans la ſuite de ce diſcours.

Enfin M. *Deſcartes* a expliqué l'Arc-en-ciel intérieur par deux réfractions & une réflexion, & l'extérieur par deux réfractions & deux réflexions ſur une même goute d'eau, avec tant d'exactitude & de vraiſemblance, qu'il y a eu peu de Sçavans qui n'en ſoient demeuré ſatisfaits.

Il y a pourtant dans ſes raiſonnemens trois difficultez conſidérables.

1°. Il a cru que le verd de l'Arc-en-ciel étoit une couleur principale, au lieu qu'il ſe fait par le mélange des rayons bleus & jaunes.

2°. Il n'a pas remarqué que les rayons extrêmes qui ſont le rouge, font leur réfraction beaucoup moindre que ſelon la proportion de 4 à 3, & que ceux qui font le violet, la font beaucoup plus grande.

3°. Il a cru que quand les ſecondes réfractions étoient en un même ſens que les premiéres, & ne ſe redreſſoient point, la lumière conſervoit la diverſité des couleurs; ce qui eſt ſouvent faux, comme il a été expliqué dans la figure 18e, où le rayon $MoNq$ eſt ſans couleurs, quoique les courbures DEH, HMo, ſoient en un même ſens; & dans la figure 24e, où l'on voit que le rayon $dbdb$ tombant ſur le côté AB d'un priſme, ſe rompt en $bKbm$, ſe réfléchit en $Knmo$, & ſe rompt encore en $npoq$, ſans faire paroître de couleurs en cette ſeconde réfraction, quoique le rayon ſoit toûjours courbé en un même ſens. Il paroît auſſi des lumières ſans couleurs à ceux qui regardent une phiole pleine d'eau expoſée au ſoleil, comme l'enſeigne cet Auteur, lorſqu'après avoir vû ſucceſſivement du rouge, du jaune, du verd, du bleu & du violet, on avance encore un peu l'œil; car alors on voit un petit rond de lumière vers l'extrémité de la phiole, où les couleurs ont paru, & un autre plus grand vers le milieu de la phiole, l'un & l'autre ſans couleurs ſenſibles, quoique les rayons qui font paroître ces lumières, viennent à l'œil apres deux refractions, & une réflexion en un même ſens, auſſi-bien que ceux qui font paroître les couleurs.

Il eſt donc néceſſaire pour bien éclaircir ces choſes de faire voir d'où vient qu'il paroît des couleurs ſous un angle d'environ quarante-deux degrez, & qu'il n'en paroît point ſous ceux qui ſont au-deſſous de quarante degrez & au-deſſus de quarante-quatre dans l'Arc-en-ciel intérieur: ce que M. *Deſcartes* n'aiant pas fait, & s'étant contenté de dire qu'il

venoit

venoit plus de lumière à l'œil ſous les angles de quarante-un & de quarante-deux degrez, que ſous les autres angles, ſans prouver que cette lumière doit être colorée; il s'enſuit qu'il n'a pas ſuffiſamment démontré l'Arc-en-ciel.

Voici ma manière de l'expliquer.

EXPLICATION DE L'ARC-EN-CIEL.

LE cercle A B C D repréſente la ſection d'une goute d'eau: A B, B C, ſont des quarts de cercle: E A *e* C repréſente un rayon du milieu du diſque du ſoleil, paſſant par le centre *e*; on ſuppoſe que tous les rayons qui viennent de ce point, ſont paralleles entre eux, à cauſe du grand éloignement du ſoleil, ſelon la première Suppoſition; tels ſont les rayons *g h*, *l m*, *n* O, P *q*, Z S. TAB X. Fig. 33.

Pour ſçavoir où ces rayons ſe doivent rompre ſur l'arc B C, on en fait le calcul ſelon les loix de la réfraction expliquées dans la troiſième Suppoſition en cette manière:

L'Arc A O eſt ſuppoſé de 59^{d}, 30′; *n* O *y* eſt parallele à E A C; *e* O R eſt une ligne droite; l'angle A *e* R eſt de 59^{d}, 30′, & il eſt égal à l'angle d'incidence *n* O R; donc *e* O *y* eſt auſſi de 59 degrez 30′. Le ſinus de cet angle eſt 86162, dont les trois quarts ſont 64621 ½, ſinus de l'angle diminué 40^{d}, 15′, 30″; la différence de 59 degrez 30′ & de 40 degrez, 15′, 30″, eſt 19 degrez, 14′, 30″, pour l'angle de réfraction *y* O T compris du rayon rompu O T, & de la ligne O *y*; & parce que les arcs O B, B *y*, ſont chacun de 30 degrez 30′, & que l'arc *y* T eſt de 38 degrez 29′, puiſqu'il ſoûtient à la circonférence l'angle *y* O T de 19 degrez 14′, 30″, tout l'arc B T ſera de 68 degrez 59′, & il ne reſtera pour l'arc T C que 21^{d}, & une minute, (il y a un peu moins d'une minute, mais on prend ici groſſièrement les ſinus, ſans conſidérer les petites fractions.)

On trouvera par un ſemblable calcul tous les points de la circonférence B C, où ſe rompront les rayons paralleles à E A C, qui tomberont ſur la circonférence A B. Ainſi on trouvera que tous les rayons qui tombent entre A & O, ſe rompent d'ordre, c'eſt-à-dire, que le plus proche qu'on prendra du point A, ſe rompra le plus près du point C, comme *g h* ſe rompt au point L, qui eſt plus près du point C, que le point *x*, où ſe rompt le rayon *l m*; & ainſi de ſuite juſques au rayon *n* O, qu'on ſuppoſe être le dernier qui ſe rompra ſelon cet ordre au point T, ſoit que l'arc A O ſoit préciſément de 59^{d}, 30′, ou qu'il ſoit plus grand ou moindre de quelques minutes ou de quelques ſecondes.

Les autres rayons juſques au rayon Z S, qui eſt ſuppoſé tomber très-près du point B, & qu'on peut calculer comme s'il tomboit à 90 degrez du point A, ſe rompent en un ordre contraire; car le rayon P *q* ſe rompra comme en *x*, & le rayon Z S, comme au point L, qui eſt à 7^{d}, 12′ du

du point C ; & ſi l'arc A *b* eſt de 14 degrez 37′, le rayon rompu de *g b* tombera à fort peu près ſur le même point L : les rayons rompus de P *q* & de *lm* pourront tomber au même point *x*, &c.

TAB. X. Fig. 34. Le rayon *n* O dans la figure trente-quatrieme étant le même que dans la figure trente-troiſième ; le rayon rompu O T ſe réfléchira en T I, par la ſeconde Suppoſition, ſi T I eſt égale à T O, & ce rayon ſe rompra en I *d* ; le rayon rompu I *d* ſera avec I *f* parallele à E A C un angle double de l'angle T *e* C, c'eſt-à-dire, que ſi cet angle T *e* C eſt de 21 degrez 1′, l'angle *f* I *d* ſera de 42d, 2′ ; ce qui ſe prouve ainſi.

DÉMONSTRATION.

SOit tirée T *e* R ; & T *g* étant priſe égale à T C, ou R A, ſi on tire *g e* L *x*, l'arc I R ſera égal à l'arc R O, à cauſe que T I, T O, ſont égales ; l'arc I L ſera auſſi égal à l'arc A O ; mais le rayon T O ſe devant rompre réciproquement en O *n* parallele à E A, auſſi T I ſe rompra en I *d* parallele à *g e* L *x*, car tout eſt égal de part & d'autre ; donc ſi I *f* eſt parallele à E A C, l'angle *f* I *d* ſera égal à l'angle E *e x*, ou *g e* C, & par conſéquent il ſera double de l'angle T *e* C.

La même démonſtration ſervira pour tous les rayons paralleles à EAC, qui tomberont ſur l'arc A B. On pourra donc trouver facilement par le calcul l'arc T C, qui convient à chaque rayon, & enſuite l'arc I D, quand le rayon réfléchi n'arrive pas juſques à D.

On trouvera auſſi tous les angles *f* I *d*, qui ſont ceux que font les ſeconds rayons rompus, avec des lignes paralleles à E A C : cet angle eſt *f* D *d*, ſi le rayon réfléchi tombe ſur D, & que *f* D ſoit parallele à E A C ; mais ſi le rayon réfléchi paſſe au-delà du point D, comme le rayon *t u*, qui vient de P *q*, rompu en *q t* & réfléchi en *t u*, cet angle ſera *f u d*.

On trouvera auſſi aiſément par le calcul les arcs D *u*, & les angles *f u d*. Or la connoiſſance de ces arcs T C, & I D, ou D *u*, & de ces angles *f* I *d*, ou *f u d*, eſt entièrement néceſſaire pour expliquer l'Arc-en-ciel interieur : car le rayon I *d* eſt un de ceux qui font le rouge de cet Arc-en-ciel, comme il ſera montré enſuite ; & les arcs T C, & I D ou D *u*, font connoître les rayons qui ſe coupent dans la goute, & ceux qui ne s'y coupent pas ; & les angles *f* I *d* ou *f u d* font connoître les rayons qui après la ſeconde réfraction s'écartent, ou ſe coupent ou ſont paralleles entr'eux. Les angles *f* I *d* ſervent auſſi pour déterminer l'angle de l'Arc-en-ciel intérieur : car, par exemple, ſi le rayon *n* O, ſe rompant en ſa ſeconde réfraction en I *d*, eſt celui qui fait voir l'extrémité du rouge de l'Arc-en-ciel ; la ligne *d* K, parallele à *f* I & à E A C, repréſentera le rayon qui du centre du ſoleil paſſe par l'œil ; & l'angle I *d* K, égal à l'angle *f* I *d*, fera connoître quelle doit être la hau-

hauteur de cette extrémité du rouge, ſi on ſçait la hauteur du ſoleil ſur l'horiſon.

Voici comme j'ai fait le calcul pour trouver ces arcs TC, & ID ou D*n*, & les angles *f* I *d* ou *f n d*, pour tous les rayons paralleles à EAC, qui tombent ſur AB.

Je prens pour exemple le rayon qui tombe ſur le ſoixantième degré comptant depuis A vers B, & je ſuppoſe que ce rayon eſt *n* O *y*: je trouve par les tables des ſinus, en faiſant un calcul ſemblable au calcul ci-devant, que l'angle de réfraction *y* OT, qui convient à ce rayon, eſt de 19^{d}, 30′. Par le moïen de cet angle je trouve le reſte, comme on le voit en la table ſuivante.

PREMIÈRE TABLE.

Angle	*y* OT	19d.	30′.
	T*y*	39.	
	B*y*	30.	
	BT	69.	
Arcs	TC	21.	
	OT	99.	
	TI	99.	
	C*i*	78.	
	ID	12.	
Angle	*f* I *d*	42.	

Cet angle *f* I *d* eſt toûjours double de l'angle T*e*C, comme il a été démontré. On fera de même pour trouver ces angles & ces arcs dans tous les autres rayons.

Voici une table qui les fera connoître depuis celui qui tombe ſur le 90e. degré moins une ſeconde, ou une tierce, juſques à celui qui tombe ſur le quarante-quatrième degré comptant depuis A vers B.

SECONDE TABLE.

Degr.		Arcs	TC,	& ID,		Ang.	*f* I *d*.
90d.		7d.	12′	14d	24′	14d	24′
86		10	52	17	44	21	44
82		13	56	19	52	27	52
80		15	14	20	28	30	38
78		16	22	20	44	32	44
76		17	24	20	48	34	48
75		17	50	20	40	35	40
74		18	16	20	32	36	32
73		18		20	20	37	20
72		19		20		38	40
71		19	20	19	40	38	40
70		19	38	19	16	39	16
69		19	54	18	48	39	48
68		20	8	18	16	40	16
67		20	20	17	40	40	40
66		20	30	17		41	
65		20	38	16	16	41	16
64		20	46	15	32	41	32
63	30′	20	50	15	10	41	40
63		20	52	14	44	41	44
62	30	20	54	14	18	41	48
62		20	56	13	52	41	52
61	30	20	57	13	26	41	54
61		20	58	12	56	41	56
60	30	21		12	30	42	
60		21		12		42	
59	45	21	1	11	47	42	2
59	30	21	1	11	32	42	2
59	15	21	1	11	17	42	2
59		21	30	11	2	42	1
58	30	21		10	30	42	
58		21		10		42	
57	30	20	58	9	26	41	56
57		20	56	8	56	41	52
56		20	54	7	48	41	48
55		20	48	6	36	41	36
54		20	42	5	24	41	24
53		20	36	4	12	41	12
52		20	28	2	56	40	56
51		20	18	1	36	40	36
50		20	8		16	40	16

			Arcs D n		Ang. $f\,n\,d$.	
49d.	19d.	58′	1d.	4′	39d.	56′
48	19	46	2	28	39	32
47	19	32	3	56	39	4
46	19	18	5	24	38	36
45	19	4	6	52	38	8
44	18	48	8	24	37	36

Ces choſes étant ſuppoſées, il faut conſidérer qu'il y a deux conditions néceſſaires pour faire qu'on voïe des couleurs par les réfractions des rayons du ſoleil ſur les goutes de la pluie.

La premiére, que les rayons qui tombent paralleles ſur la goute d'eau, en reſſortent paralleles, ou à peu près, afin que la lumiére ne ſe diſſipe point par une trop grande divergence, & qu'elle puiſſe toucher les yeux aſſez fortement dans une diſtance conſidérable.

La ſeconde, que les parties extrêmes de la lumiére demeurent dans la même ſituation à l'égard de la convexité, & de la concavité des courbures en entrant & en ſortant de la goute, comme il a été expliqué dans la douziéme figure; car autrement la lumiére perdroit ſes couleurs par le ſeptiéme Principe.

Or ces deux conditions ne ſe rencontrent bien que dans les rayons qui tombent depuis environ le 70e. degré juſques au 48d, 30′, (ces degrez ſe comptent de A vers B, & il faut l'entendre de même dans la ſuite.)

On prouve que les autres rayons ne ſont pas propres pour faire des couleurs, par les raiſons ſuivantes:

A B C D, dans la figure 35e, repréſente une goute de pluie; $A\,s$ eſt un arc de 90d, moins 1″; le rayon R s ſe rompt en t, ſelon la ſeconde table, à ſept degrez 12′ du point C; le rayon $p\,q$ tombe ſur le 76e. degré, & ſe rompt en x à 17d, 24′ du point C; $s\,t$ ſe réfléchit en I à 14d, 24′ du point D, & $q\,x$ en y à 20d, 48′ du même point D: donc ces deux rayons ſe coupent dans la premiére réfraction, & dans la réflexion, $x\,y$ ſe rompt en $y\,d$, & fait l'angle $f\,y\,d$ (qui eſt $f\,I\,d$ ſelon la ſeconde table) de 34d, 48; le rayon t I ſe rompant en I δ fait l'angle f I δ, (qui eſt $f\,I\,d$ dans la ſeconde table) de 14d, 24′: donc ces rayons rompus font un angle de divergence de plus de vingt degrez, & R $s\,t$ qui étoit dans la convexité de la premiére courbure du rayon ſolide R $s\,p\,q$, eſt dans la concavité de la ſeconde I δ. Les courbures des angles en entrant & en ſortant de la goute ſont auſſi égales; car l'angle R $s\,t$ eſt égal à l'angle s I δ, & $p\,q\,x$ eſt égal à $x\,y\,d$. Donc par le ſeptiéme Principe la lumiére de ces rayons ſera ſans couleurs; & à cauſe de ſa trop grande divergence, elle ne ſera pas viſible à une diſtance conſidérable. TAB. XI. Fig. 35.

On connoîtra cette vérité par expérience ; ſi l'œil eſt à un pied ou deux de diſtance d'une phiole ronde de verre pleine d'eau repréſentée par la même 35e. figure, pour recevoir le rayon I *d* & quelques autres qui en ſont fort proches : car il verra un petit rond de lumière ſans couleurs vers la ſurface de la phiole auprès du point I, & lorſqu'on recevra de même le rayon *y d*, on verra un ſemblable rond de lumière ſans couleurs vers le point *y* ; d'où il s'enſuit que ces rayons ne peuvent contribuer à l'Arc-en-ciel.

Les rayons qui tombent depuis le 45e. degré juſques auprès du point A, n'y peuvent auſſi contribuer, parce que leurs réfractions ſont trop petites pour faire des couleurs ſenſibles, & que leurs rayons rompus I *d* ſont trop divergens entre eux, pour conſerver la force de leur lumière à une grande diſtance.

On connoîtra par l'expérience de la petite phiole pleine d'eau, qu'ils doivent être ſans couleurs, ſi dans la figure 36e. l'œil étant au point *δ* reçoit le rayon *n δ*, qu'on ſuppoſe venir du rayon qui tombe ſur le 40e. degré ; car ce rayon rompu *n δ*, joint à quelques autres fort proches, fera paroître un petit rond de lumière ſans couleurs dans la phiole, ſelon la direction *δ n*.

Mais ſi on ſuppoſe que le point K eſt à 59d, 30′ du point A, & le point O à 59d ; K T, rayon rompu de *m* K, fera T C de 21d, 1′, par la ſeconde table : O T, rayon rompu de *n* O, fera auſſi cet arc de 21d, 1′. Donc ils tomberont au même point qui eſt marqué T, en la 35e. figure.

Le rayon K T, ſe réfléchiſſant en *u*, fera T *u* égal à T K, & T *z*, rayon réfléchi de O T, ſera égal à O T, & le petit arc *u z* ſera égal à O K, à cauſe de l'égalité des angles d'incidence & de réflexion : & d'autant que T K, T O, ſe doivent rompre réciproquement en K *m*, *o n*, qui ſont paralleles, les rayons rompus de T *u*, & de T *z*, ſçavoir *u d*, *z d*, ſeront auſſi paralleles, & à même diſtance l'un de l'autre que *m* K, *n o* ; ils ſeront auſſi dans la même ſituation à l'égard de la convexité & de la concavité des courbures, comme on le voit en la figure ; car la partie extrême *m* K eſt toûjours dans la convexité.

La même choſe arrivera aux rayons qui tomberont ſur le 58d, 30′, & ſur le 57d : car ſe rompant d'ordre ils ne ſe couperont point, ni dans leur réfraction, ni dans la réflexion ; & parce que leurs angles *f* I *d* diminuent toûjours un peu, comme on le voit dans la ſeconde table, ils ne ſe couperont point auſſi en leur ſeconde réfraction, & ils conſerveront tous de ſuite la même ſituation, à l'égard des extrémitez des courbures. Donc par le quatrième Principe, leur lumière ſera colorée, & ils ſeront ſenſiblement paralleles, comme on le voit par la même table : car la divergence du deuxième rayon rompu de 57d, 30′ n'aura que quatre minutes de divergence avec celui de 58d, 30′ ; & par conſéquent ces rayons ſeront viſibles à une grande diſtance, à cauſe de leur peu d'écart.

On

On voit donc par cette table, que depuis le 90e. degré jusques au 76e. inclus, les rayons rompus & les réfléchis se doivent couper dans le cercle; puisque leurs ares TC & ID sont les plus grands dans les moindres angles d'incidence.

On voit aussi que le rayon qui tombe sur le 59d, 30′, est celui qui dans sa seconde réfraction fait à peu près le plus grand angle avec un rayon du soleil, parallele à celui qui passe par le centre de la goute: & si on le suppose ainsi, il est évident qu'il se dégage du reste de la lumière, & qu'il doit manifester sa couleur rouge, puisqu'il est dans la convexité des deux courbures à l'égard des rayons qui tombent sur des points moins éloignés du point A, & qu'à une distance médiocre il doit être rencontré le premier par l'œil qui étant au-dessous des points *y*, I, *u*, s'avancera vers la lumière colorée.

Quelques autres rayons qui suivent immédiatement celui du 59d, 30′, comme celui du 59e, font aussi paroître du rouge, & quelques autres ensuite feront paroître les autres couleurs.

Or, quoique le rayon I*d* du 59d, 30′, fasse selon le calcul un angle de 42d, 2′, avec un rayon parallele à EAC, & par conséquent avec celui qui du centre du soleil passe par le centre de l'œil; & qu'y ajoûtant 16 minutes pour la moitié du diamétre du soleil, & 20 ou 25 minutes pour l'écart du rouge visible, il devroit faire l'angle de l'Arc-en-ciel intérieur, à l'égard de l'extrémité du rouge visible, d'environ 42d, 40′: on l'observe pourtant ordinairement d'une moindre grandeur.

Mr. de la *Hire*, célébre Mathématicien, m'a dit avoir observé, que le soleil étant à quatre ou cinq degrez d'élévation, tout le diamétre de l'Arc-en-ciel, depuis le rouge bien apparent de part & d'autre qui touchoit l'horison, étoit de 82d, & par conséquent le demi diamétre n'étoit que de quarante-un degrez. Or si on y ajoûte 7′ pour le reste du rouge qu'il ne pouvoit pas bien discerner, & 7′ pour la différence entre la moitié de la soutendance horisontale, & le demi diamétre qui pouvoit être alors environ quatre degrez sous l'horison; l'angle total pouvoit être de 41d, 14′. Mr. *Descartes* lui donne quarante-deux degrez.

Mr. *Richer* l'a trouvé en l'isle de *Cayenne* d'environ 42 degrez.

Toutes ces diversitez m'ont fait penser qu'il y a quelques causes qui empêchent que cet angle ne suive les régles du calcul. Voici les expériences que j'ai faites avec le même Mr. de la *Hire*, pour les découvrir.

Nous suspendîmes au haut d'un bâton une petite phiole pleine d'eau, d'environ un pouce de diamétre, très-ronde, & d'un verre très-fin & délié; & l'un de nous, se tenant à une distance de deux ou trois pieds de la phiole, recevoit dans l'œil le rayon rompu du soleil, qui faisoit l'extrémité du rouge; & l'autre marquoit sur le pavé le point où répondoit le rayon visuel dans lequel se voïoit cette extrémité du rouge en droite ligne, & au même moment on marquoit le centre de l'ombre de

la petite phiole; & après avoir mesuré en l'air les côtez qui comprenoient cet angle, depuis la pluiole jusques aux marques, & ensuite la distance de ces marques sur le pavé, nous trouvâmes par le calcul de la première observation, que l'angle de l'Arc-en-ciel étoit d'environ 42^d, $40'$.

Nous fîmes une seconde observation environ une heure après, & nous trouvâmes cet angle de plus de 43d; & à la troisième observation, qui fut environ trois quarts d'heure après, nous le trouvâmes de plus de 43^d, $30'$: sur quoi faisant réflexion, & sur ce qu'il ne l'avoit trouvé au ciel que d'environ 41^d, $14'$; je jugeai que ces différences devoient procéder de la plus grande ou moindre densité de l'eau, & de la plus grande ou moindre raréfaction de l'air. Et parce que l'air qui est élevé à environ cinq cent pieds, est moins condensé que celui qui est près de la terre, d'environ $\frac{1}{30}$, suivant ce qui est dit dans l'essai de Physique de la *Nature de l'Air*; & que les goutes de pluie qui font le plus haut rouge de l'Arc-en-ciel, peuvent être à cette hauteur de 500 pieds, & même à une plus grande; il s'ensuit que, si la proportion de l'eau à l'air proche de la terre est comme de 4 à 3, à cette hauteur elle sera environ comme 4 à 3 moins $\frac{1}{30}$.

On trouvera par le calcul que le plus grand angle qui dans la réfraction de 4 à 3 est de 42^d, $2'$, ne sera que de 41 degrez à peu près dans l'autre proportion de 4 à 3 moins $\frac{1}{30}$; & si on y ajoûte l'écart visible du rouge, & $16'$ pour le demi diamétre du soleil, tout l'angle ne sera que d'environ 41^d, $35'$: mais, parce que bien souvent la pluie se fait de la neige fondue, & que les goutes de la pluie sont alors très-froides à cette hauteur de 500 pieds; cela doit faire la proportion de la réfraction plus grande, & réduire cet angle à 41^d, $12'$ ou $15'$.

Pour éclaircir cette conjecture, je fis encore avec Mr. de la *Hire* les expériences suivantes, avec la même petite phiole.

Dans la première observation elle étoit suspendue de même qu'aux précédentes; & nous trouvâmes par le calcul que l'angle du rouge n'étoit que d'environ 41 degrez 20'.

Nous fîmes chauffer ensuite l'eau de la petite phiole en la tenant assez long-tems dans de l'eau presque toute bouillante, en sorte qu'après l'avoir retirée, on ne la pouvoit tenir à la main. Nous la suspendîmes comme aux observations précédentes, & nous trouvâmes alors que l'angle de l'extrémité du rouge étoit de 44^d, $44'$; ce qui me fit connoître que les différences que nous avions remarquées dans nos trois premières observations, procédoient de ce que l'eau de la petite phiole étant exposée à un soleil fort ardent, s'étoit échauffée peu à peu, & qu'ainsi la proportion de l'air s'étoit diminuée peu à peu. Il faut donc que la proportion de réfraction de l'eau à l'air, quand elle est fort chaude, soit à peu près comme de 4 à 3 plus $\frac{1}{30}$: car la supposant telle, on trouve que le rayon qui tombe sur le 60^d, $30'$, fait T C de 22^d, $20'$, & qu'il y a

TAB. X. Fig. 34.

quel-

quelque autre rayon qui peut faire cet arc de 22d. 23′, & par conſéquent l'angle *f I d* de 44d, 46′ ; & lorſqu'on trouve l'angle de l'Arc-en-ciel de quarante-un degrez ſeulement, il faut que la proportion de la réfraction ſoit plus grande que de quatre à trois moins $\frac{1}{28}$; ce qui peut arriver par la grande froideur des goutes de la pluie, & par une plus grande raréfaction de l'air dans les lieux élevés.

Ainſi, ſelon les différentes ſaiſons, les différentes heures du jour, & les différens païs, l'angle de l'Arc-en-ciel peut changer, & même ſa circonférence peut n'être pas d'un arc de cercle régulier, parce que la proportion de la réfraction peut être différente dans les differentes élévations des goutes de la pluie.

J'ai trouvé par le calcul, que ſi la proportion de la réfraction étoit comme de cinq à quatre, l'angle d'incidence de 90d, moins 1″, feroit l'arc T C de 16d, 16′ ; & celui de ſoixante-quatre degrez qui ſeroit le dernier des rayons qui ſe romproient d'ordre, feroit cet arc de 28d, 28′, & feroit par conſéquent l'angle de l'Arc-en-ciel de 56d, 56′, ſçavoir le double de 28d, 28′.

J'ai auſſi trouvé par le calcul, que s'il tomboit de petites boules de verre, l'Arc-en-ciel intérieur auroit ſon plus grand angle *f* I *d* de 22d, 48′ ; le rayon qui tomberoit entre le 51e. & le 52e. degré en la figure 33e, & qui ſeroit le dernier de ceux qui ſe romproient d'ordre, feroit cet angle de 22d, 48′, avec un rayon parallele à E A C, & ce rayon feroit T C de 11d, 24′ ; ſuppoſant la proportion de la réfraction du verre à l'air, comme de trois à deux ; mais ſi la réfraction de l'eau à l'air étoit comme de quatre à trois & $\frac{1}{28}$, l'angle *f* I *d* ſeroit d'environ quarante-cinq degrez quelques minutes, & il ſeroit fait par le rayon qui tomberoit ſur le 61e. degré à peu près, qui ſeroit le dernier de ceux qui ſe romproient d'ordre en leur premiére réfraction.

On fait aiſément le calcul de cette proportion en multipliant le ſinus de l'angle d'incidence par $3\frac{1}{28}$, & diviſant le produit par 4. Ainſi multipliant 86602 ſinus de 60d, par $3\frac{1}{28}$, le produit eſt 263742 à peu près, & le diviſant par 4 on aura 65935 ſinus de 41d, 15′, qui étant ôté de 60d, reſte 18d, 45′, pour l'angle de réfraction, par le moïen duquel on achéve le reſte du calcul, comme en la premiére table.

Mais, parce qu'en ſuppoſant la réfraction de 4 à 3, le calcul eſt plus aiſé, on peut le faire ſur ce pied-là ; mais il faudra diminuer les angles *f I d* ſelon qu'on jugera que la proportion de la réfraction ſera plus ou moins grande.

Je me ſers donc de la ſeconde table, comme ſi elle étoit juſte, & pour connoître quelle doit être la largeur de l'Arc-en-ciel intérieur, & l'ordre des couleurs, je fais le raiſonnement ſuivant :

Les rayons du centre du ſoleil qui tombent ſur les goutes d'eau depuis le 59d, 30′, que je ſuppoſe être le dernier de ceux qui ſe rompent d'ordre, juſqu'au 55e, ne s'écartent l'un de l'autre que d'environ 26 mi-

nu-

nutes après la ſeconde réfraction, & conſervent leur même ſituation. Or ſi tout le reſte de la goute étoit couvert, la lumière qui paſſeroit par cette ouverture de quatre degrez & demi de largeur, feroit des couleurs par le quatrième Principe, & leur écart ſelon les loix ordinaires de la réfraction ne ſeroit que de 26′, ſi elles venoient ſeulement du centre du ſoleil; mais y ajoûtant 32 minutes pour la largeur du ſoleil, & environ un degré pour les écarts du violet d'un côté & du rouge de l'autre, tout l'écart ſeroit de deux degrez. D'où je conclus que, lorſque la largeur de l'Arc-en-ciel intérieur eſt d'environ deux degrez, ſes couleurs peuvent être produites par la lumière qui tombe ſur cet arc de quatre degrez & demi, avec le même ordre qui a été expliqué dans la figure dix-ſeptième.

Mais ſuivant la ſeconde table, les rayons qui tombent depuis le 59e. degré 30′, juſques au 63e. degré 30′, ne font à peu près que le même écart de 26 minutes; & par conſéquent leur lumière doit être mêlée avec celle des rayons depuis le 59e. degré 30′, juſqu'au 55e. degré, & elle la doit fortifier: le rouge ſera extérieur aux autres couleurs, parce que les rayons qui le produiſent, font les plus grands angles *f I d*; mais ſi on compte le rouge, le jaune, le verd, & le bleu, pour les quatre couleurs ſupérieures, la couleur qui eſt la cinquième en ordre, n'eſt pas violette comme celle que les priſmes de verre font paroître, mais d'un rouge de pourpre; ce qui eſt aſſez difficile à expliquer. Voici mes conjectures.

Tous les rayons depuis le 76e. degré juſques au 50e., & au-delà, conſervent leurs ſituations en entrant & en ſortant de la goute; car leurs arcs I D diminuent toûjours: par exemple, l'arc I D du 65e. degré eſt de 16d, 16′, & celui du 56e. eſt de 7d, 48′: mais leurs arcs *f I d* augmentent; d'où il ſuit que le rayon I *d* du 65e. degré doit être rouge à l'égard du rayon I *d* du 56e. degré, & qu'il le doit couper à une certaine diſtance de la goute.

Si donc on ſuppoſe que le rayon I *d* 3, en la figure 34e, (Tab. X.) vient du 56e. degré, & que le rayon *h d* 2 vient du 65e., & qu'ils ſe coupent comme au point *d*; le rayon *h d* 2 conſervera ſa couleur rouge au-delà du point *d*, & ſi le rayon I *d* du 56e. degré contribue à faire la couleur violette, qui eſt la 5e. en ordre, ſon écart s'étendra comme de I 3 en I 2, & l'écart du rouge du rayon *h d* 2 qui vient du rayon du 65e. degré, ira comme en *h* 3: ces écarts ſe meleront entre les points 2 & 3, & feront par leur mêlange une couleur de pourpre ſemblable à celle qui paroît dans les traverſes des chaſſis, quand on les regarde à travers un priſme équilatéral, dans une diſtance de 12 ou 15 pieds; comme il a été montré dans l'explication de la 5e. apparence.

D'où il s'enſuit qu'on ne doit point voir de violet au-deſſous du verd & du bleu, mais un rouge de pourpre, comme on le remarque toûjours.

Ces

Ces cinq couleurs, ſçavoir le rouge, le jaune, le verd, le bleu, & le rouge de pourpre, qui ſont une largeur d'environ deux degrez quand les couleurs ſont très-vives, comme je l'ai obſervé pluſieurs fois, paroiſſent ſeules quand le ſoleil luit foiblement ſur les goutes de la pluie; & alors leur largeur n'eſt que d'environ un degré 50 minutes. Mais quand les goutes ſont fortement illuminées, & que la nuée où ſe fait la pluie, eſt très-noire, on voit ordinairement trois rangs de couleurs: ſçavoir, un premier rang de rouge, de jaune, de verd, & de bleu; un ſecond rang de pourpre, de jaune, de verd, & de bleu; & un troiſième ſemblable au ſecond, mais qui a ſes couleurs beaucoup plus foibles.

Il ne paroîtra que deux rangs, ſi la nuée eſt un peu moins noire, & que les goutes de la pluie ſoient un peu moins illuminées. Quand le troiſième rang paroît, la largeur de toutes les couleurs enſemble eſt de plus de trois degrez; les rayons qui les produiſent, tombent ſur l'arc A B, depuis le 69e. degré juſques au 48e, à peu près; & il ſe fait un mélange du rouge de quelques rayons qui viennent d'entre le 69e. degré & le 65e, avec le violet de quelques rayons qui viennent d'entre le 55e, degré & le 50e.

Pour mieux comprendre comme ſe font ces 3 rangs de couleurs; aïez une phiole de verre, bien ronde, de trois à quatre pouces de diamétre. Elle eſt repréſentée dans la figure 36e. *a b* eſt le diamétre du ſoleil. N *o* eſt le rayon du 59e. degré 30', qui ſe rompt en *o* T, ſe réfléchit en T I, & fait ſa ſeconde réfraction en I *d*. TAB. XI. Fig. 36.

P *q* tombe ſur le 86e. degré, ſe rompt en *q t*, ſe réfléchit en *t y*, & fait ſa ſeconde réfraction en *y δ*. *g b* tombe ſur le 40e. degré, ſe rompt en *b x*, ſe réfléchit en *x η* au-delà du point D, & fait ſa ſeconde réfraction en *η δ*, coupant enſuite le rayon *y δ*; ce qui doit arriver, puiſque l'angle *f y δ* eſt moindre que l'angle *f η δ*, celui-ci étant de 35d, 16', & *f y δ* de 21d, 44'. Si donc l'œil eſt au point *d* dans la ligne I *d*, il verra dans la direction de cette ligne le premier rouge fort éclatant qui vient du rayon N *o*; & s'il s'avance vers *y δ*, lorſqu'il ſera en l'interſection des rayons *y δ* & *η δ*, comme au point *δ*, il verra une lumière dans la phiole ſelon la ligne *δ η* continuée, & une autre ſelon la ligne *δ y*. Ces deux lumières ſont repréſentées par les deux ronds *n c* & K *l*: la première eſt produite par le rayon *g b*, & par quelques autres qui tombent deçà & delà à quelques minutes de diſtance; & la ſeconde, par le rayon P *q*, & par quelques autres qui tombent de deça & delà, à pareil nombre de minutes de diſtance à peu près. Ces deux ronds de lumière, qui ſont comme des images du ſoleil, ſeront ſans couleurs ſenſibles: le rond K *l* paroîtra comme un petit point blanc, par les raiſons qui ont été dites en l'explication de la figure 35e, à l'égard des rayons R *s*, *p q*: l'autre rond *n c* ſera auſſi ſans couleurs ſenſibles à cauſe du peu d'obliquité du rayon *g b*. Que ſi l'œil eſt ſitué entre les deux

rayons I *d* & *n d*, comme au point 2, il ne verra pas ces deux ronds; mais il en verra deux autres qui ſeront colorés, ſçavoir *r e* & *i m*. Le rond *r e* aura ſon rouge vers *r*, & le rond *i m* par un ordre renverſé l'aura en *m*: on verra mieux les couleurs de ces ronds de lumière, ſi on ferme l'œil à demi.

Il paroîtra de ſemblables lumières, ſi au lieu de celle du ſoleil on reçoit pendant la nuit celle de la flamme d'une chandelle ſur la petite phiole: car on y verra deux petites images de la flamme de la chandelle, qui ſeront ſans couleurs en K *l* & en *n c*; mais l'œil étant comme au point 2, elles paroîtront en *r e* & *i m* avec des couleurs.

Pour expliquer ces apparences, qui peuvent ſervir à expliquer les rangs différens de couleurs qui paroiſſent dans l'Arc-en-ciel intérieur, il faut remarquer que ſuivant ce qui a été dit en l'explication de la figure 9e, les rayons qui procédent du point *a*, qui eſt l'extrémité du diamétre du ſoleil, étant les plus obliques, doivent produire le rouge & le jaune; & que ceux qui viennent du point *b*, étant les moins obliques, doivent produire le bleu & le violet. Or les rayons les plus obliques de ceux qui tombent entre le point *o* & le point B, ont toûjours l'arc T C & l'angle *f* I *d* plus petits; & les plus obliques de ceux qui tombent entre *o* & A, ont toûjours cet arc T C & cet angle *f I d* plus grands, comme on le voit par la ſeconde table & par la figure 34e. D'où il arrive, que les rayons qui viennent du point *a*, dont l'incidence eſt plus oblique pour venir à l'œil en *d*, que ceux du point *b*, ſont vûs ſous un moindre angle vers *y*, & ſous un plus grand vers *n*; & par conſéquent le point *a* ſera repréſenté dans le rond K *l* par le point K, & le point *b* par le point *l*; mais dans le rond *n c* le point *a* ſera repréſenté par *c*, & le point *b* par *n*. Par les mêmes raiſons le point *a* ſera repréſenté dans le rond *r e* par le point *r*, & dans le rond *i m* par le point *m*; & par conſéquent les points *m* & *r* ſeront rouges, & les points *i* & *e* ſeront violets: mais pour voir ces deux ronds intérieurs, il faut que l'œil ſoit entre *d* & *d* comme au point 2.

On peut confirmer cette démonſtration par l'expérience ſuivante:

Diſpoſez deux chandelles à cinq ou ſix pouces l'une de l'autre, en ſorte que la flamme de l'une ſoit plus haute que celle de l'autre de quatre ou cinq pouces, & un peu plus éloignée de la phiole; & ſuppoſez que leur diſtance repréſente la diſtance des points *a* & *b*, & que celle qui eſt la plus éloignée, ſoit le point *b*, & l'autre le point *a*. Recevez leurs lumières ſur la phiole comme vous aurez fait celle du ſoleil; vous verrez paroître quatre flammes de chandelle: couvrez la flamme de la chandelle qui eſt la plus baſſe, en ſorte qu'elle ne luiſe plus ſur la phiole; vous verrez diſparoître les deux lumières intérieures *r e* & *i m*: d'où vous jugerez, que, ſi les deux ronds K *l* & *r e* repréſentent les extrémitez *a* & *b* du diamétre *a b*, le rond *r e* ſera celui qui repréſentera le point *b*, & le rond K *l* le point *a*; & que des deux ronds *i m* & *n c*, qui repré-

ſen-

ſentent les mêmes points *a* & *b*, le rond *n c* repréſentera le point *a*, & le rond *i m* le point *b*: d'où il s'enſuit, que les images du ſoleil qui paroiſſent vers le milieu de la phiole comme en *i m*, ont leur point *a* en *m*, & qu'il y doit paroître du rouge; & que celles qui paroiſſent de l'autre part, comme en *r e*, ont leur meme point *a* en *r*, & qu'il doit paroître du rouge vers ce point *r*.

Dans les grandes diſtances on ne voit pas en une même goute les deux ronds *r e* & *i m*, parce que leurs rayons ſe coupent aſſez près de la goute, & ſont enſuite une divergence. Il faut donc conſiderer ſeulement les différences de leurs arcs *f I d*. TAB XI. Fig 34.

Or, ſi on conçoit pluſieurs goutes de pluie élevées dans l'air l'une ſur l'autre, le rayon I *d*, produit par le rayon N *o*, viendra à l'œil d'une goute plus élevée que celle qui lui envoïera le rayon *m* 2, puiſque le rayon rompu I *d* fait un plus grand angle *f I d*.

Par la même raiſon le rayon *m* 2 viendra à l'œil d'une goute plus élevée que celle d'où viendra le rayon *r* 2; & ainſi de ſuite. D'où il arrivera, que l'œil aiant reçû les rayons qui font le rang ſupérieur de rouge, de jaune, de verd, & de bleu, verra au-deſſous immédiatement les couleurs du deuxième rang, qui procédent du petit rond *i m*, & qui font de plus petits angles *f I d*: & par conſéquent l'extrémité intérieure du violet du premier rang, qui fait auſſi un plus petit angle *f I d* que les écarts qui font le bleu du meme rang, ſe mêlera avec l'extrémité de l'écart rouge du deuxième rang; & il ſe fera par leur mélange une couleur de pourpre, qui paroîtra au-deſſous de la bande de bleu du premier rang.

Mais, parce qu'à meſure qu'on avance l'œil de *d* vers *f*, les deux petits ronds s'éloignent l'un de l'autre dans la phiole, & qu'ils s'approchent quand l'œil s'avance de l'autre côté; il doit arriver néceſſairement, que s'il y a pluſieurs goutes ſituées de ſuite près à près perpendiculairement au-deſſous de celles qui font le premier rang de couleurs, on ne verra pas ces petits ronds en même ſituation dans chacune d'elles, & que leurs rayons rouges feront des angles *f I d* différens; ce qui doit faire encore d'autres rangs & d'autres mélanges de couleurs.

On peut comprendre la néceſſité de cette pluralité de rangs par le raiſonnement ſuivant:

Les arcs *q* S & *y* I, par où paſſe le rayon R S *p q*, ne ſont pas diſpoſés à l'égard l'un de l'autre comme les arcs K *o*, *u z*, & on peut conſidérer ces arcs comme des lignes plus ou moins inclinées l'une à l'autre. TAB.XI. Fig. 35.

La lumière du ſoleil, paſſant à travers un verre taillé à pluſieurs facettes diverſement inclinées, fait paroître en pluſieurs endroits ſur les ſurfaces qui lui ſont oppoſées, de petits ronds ou de petites ovales de lumières qui ſont comme des images du ſoleil; quelques-unes de ces lumières ont des couleurs, & les autres n'en ont point, comme il a été expliqué en la 9e. Apparence.

Digitized by Google

On peut donc concevoir de même, que le rayon ſolide R S *p q*, paſſant à travers l'arc S*q*, dans la figure 35e, & enſuite à travers l'arc *y* I, doit faire paroître au-delà de la goute une image du ſoleil ronde ou ovale; & qu'un autre rayon ſolide comme *m* K *n o*, paſſant à travers l'arc *o* K & enſuite à travers l'arc *u z*, doit faire auſſi paroître une autre image du ſoleil, ronde ou ovale; & que la même choſe doit arriver en pluſieurs autres endroits du quart de cercle A B, & du quart de cercle C D; mais avec cette différence, que les facettes du verre, quoique contigues, font ſéparer les lumières ou images du ſoleil, & que les ſurfaces courbes de la goute d'eau, qui ſont contigues, lient enſemble ces lumières.

On peut donc concevoir qu'un rayon ſolide aiant paſſé à travers un arc compris entre le 59^d^, 30′, & le 55^d^. du quart de cercle A B, & enſuite à travers un arc compris entre le 11^d^, 32′, en comptant de D vers C, & le 6^d^, 36′, comme la ſeconde table le fait voir, doit faire une lumière colorée, de rouge, de jaune, de verd, de bleu, & de violet, ſemblable à celle que les priſmes de verre font paroître, ainſi qu'il a été prouvé; & qu'un autre rayon ſolide paſſant à travers l'arc compris entre le 55e. degré & le 52e. du quart de cercle A B, & enſuite par l'arc compris entre le 6^d^, 36′, comptant de D vers C, & le 2^d^, 56′, doit faire une autre lumière colorée: le milieu du verd de cette ſeconde lumière doit s'écarter du milieu du verd de la première d'environ 40′, mais elle doit joindre ſon écart rouge avec l'écart violet de l'autre; parce que le rouge de cette ſeconde lumière, ou image du ſoleil, doit s'écarter du côté de la convexité de ſa courbure vers le violet de la première; & le violet de la première doit s'écarter du côté de ſa concavité vers le violet de la ſeconde, par le 2e. Principe. Le même mélange peut encore ſe faire à l'égard du violet du ſecond rang & du rouge d'un troiſième rang, qui peut venir d'un troiſième rayon ſolide paſſant entre le 52e. degré & le 49e, 48′, du quart de cercle A B; & enſuite entre le point D & le 2e. degré 56′, de D vers C; & ainſi de ſuite, juſques à ce que les rayons ne ſoient plus diſpoſés à faire des couleurs, & qu'ils s'écartent trop pour être viſibles à une grande diſtance, comme il a été prouvé.

Pour bien comprendre l'ordre des couleurs de l'Arc-en-ciel intérieur; voïez la figure 38e.

TAB. XI. Fig. 38. A, B, C, ſont trois goutes de pluie, de chacune deſquelles ſortent trois rayons: ſçavoir, celui qui fait le rouge qui eſt au-deſſous des deux autres, dans la convexité de la courbure, & qui vient du 59^d^, 30′; celui qui fait le verd; & celui qui fait le violet.

A *a*, B *a*, C *a*, ſont les rayons qui ſont le rouge. A *b*, B *b*, C *b*, ſont le verd. A *c*, B *c*, C *c*, ſont le violet. L'œil qui eſt ſuppoſé être en *d*, reçoit le rayon rouge A *a d* de la goute A, & les deux autres rayons paſſent plus haut. Le même œil en *d* reçoit le rayon B *b d* qui fait le verd, & ne reçoit ni B *a* ni B *c*; il reçoit auſſi le rayon C *c d* qui fait

fait le violet, & les rayons C*b*, C*a*, paſſent au-deſſous; d'où il s'enſuit qu'il verra du rouge ſelon la ligne *da* A; du verd, ſelon la ligne *db* B; & du violet, ſelon la ligne *dc* C.

Si on entend qu'à une grande diſtance il y ait pluſieurs autres goutes entre ces 3, on jugera aiſément qu'elles feront voir du jaune entre A & B, & du bleu entre B & C, & même des nuances de jaune orangé, de jaune verdâtre, de verd bleuâtre, &c; & que s'il y en a d'autres au-deſſous de C, elles feront paroître les couleurs des autres rangs, ſelon que les rayons rompus qui en ſortiront, feront les angles *f*I*d* moindres ou plus grands.

Les différens éloignemens des goutes de pluie juſques à l'œil doivent un peu changer le mêlange & les nuances des couleurs par les différentes interſections des rayons qui viennent depuis environ le 70e. degré juſques au 59e, 30′, & de ceux qui viennent depuis le 59e, 30′ juſques au 47e. à peu près, qui ſont toutes les couleurs viſibles.

On en peut remarquer juſques à quatre rangs dans l'expérience de l'eau qu'on ſoûffle en haut en petites goutellettes dans une chambre expoſée au ſoleil; particulièrement ſi l'eau eſt très-claire, & que la paroi oppoſée aux fenêtres ſoit tendue de noir.

J'ai vû pluſieurs fois très-diſtinctement trois rangs de couleurs dans l'Arc-en-ciel intérieur; mais je n'ai remarqué qu'une ſeule fois un 4e. rang. Ce 4e. rang avoit bien moins de largeur que le rang ſupérieur: ſes couleurs étoient ſemblables à celles du 3e. rang, mais elles étoient plus foibles: il ſe terminoit en un verd bleuâtre, & toutes les couleurs enſemble au-deſſous du rouge de pourpre ſupérieur me paroiſſoient avoir moins de largeur que le premier rang, y compris le rouge de pourpre.

EXPLICATION DE L'ARC-EN-CIEL EXTÉRIEUR.

L'Arc-en-ciel extérieur ſe fait par les rayons du ſoleil qui viennent à l'œil après deux réfractions & deux réflexions dans une même goute de pluie en la manière ſuivante:

A B C D, dans la figure 37e, repréſente une goute de pluie: *b* A *e* C eſt un rayon du centre du ſoleil, paſſant par le centre *e*: *b* F eſt un rayon parallele à *b* A C; ſon premier rayon rompu eſt F T, qui ſe réfléchit en T I, & enſuite en I L, d'où il fait une ſeconde réfraction en L O. TAB XI. Fig. 37.

On ne conſidére point ici les réfractions qui ſe ſont aux points T & I vers le dehors de la goute. I D eſt égale à D K; I L N eſt une ligne droite; M L & *m s* ſont paralleles à *b* A C.

Or, s'il y a quelque autre rayon parallele à *b* F, comme *b* P, qui après deux réfractions & deux réflexions faſſe ſon ſecond rayon rom-

pu S V parallele à L O, & que ces rayons *b* F, *b* P, ne changent point leurs ſituations en entrant & en ſortant de la goute; la lumière compriſe entre ces deux rayons pourra produire des couleurs viſibles, comme il a été prouvé dans l'explication de l'Arc-en-ciel intérieur.

Ces deux conditions ſe rencontreront dans quelques rayons qui tombent au-delà du 60e. degré, comptant depuis A vers B, ſçavoir dans ceux qui n'étant différens que d'environ un degré, ſeront leurs premiers rayons réfléchis dans la goute paralleles entre eux; ce qui ſe prouve ainſi:

Soient *b* F & *b* P deux rayons paralleles peu éloignés l'un de l'autre, & tombant au-delà du 63e. degré; ils ſe couperont en leur première réfraction, par ce qui a été dit en la figure 33e. Soient F T & P *q* leurs premiers rayons rompus. Je dis, que ſi leurs premiers rayons réfléchis T I & *q* R ſont paralleles, leurs ſeconds rayons rompus L O & S V ſeront auſſi paralleles entre eux, & qu'ils conſerveront leurs ſituations: car, puiſque ces rayons T I & *q* R ſont paralleles, ils ſe réfléchiront en I L & en R S, de la même manière qu'ils ſe réfléchiroient réciproquement en T F & P *q*; & ces ſeconds rayons réfléchis I L & R S ſe couperont de même que T F & P *q*. Donc les incidences en L & S ſeront ſemblables aux incidences en F & P, chacune à la ſienne, tout étant égal de part & d'autre; & par conſéquent les réfractions I L O & R S V ſeront égales aux réfractions T F *b* & *q* P *b*. Mais les rayons F *b* & P *b* ſont paralleles. Donc les rayons L O & S V ſeront auſſi paralleles, & feront des angles égaux avec M L & *m* S, qu'on ſuppoſe paralleles à *b* A C: & puiſque ces rayons ſe coupent deux fois dans la goute, il faut néceſſairement que le rayon *b* P, qui eſt dans la convexité de la courbure en entrant, y ſoit auſſi en S V. Il eſt encore manifeſte, que les ares F P & S L ſont égaux, puiſque les ares *q* T & R I ſont égaux; & par cette raiſon les rayons L O, S V, ſeront à la même diſtance l'un de l'autre, que les rayons *b* F, *b* P.

Pour connoître s'il y a de tels rayons, on en fera le calcul, comme en la table ſuivante.

Je prens pour exemple le rayon qui tombe ſur le 72e. degré, que je ſuppoſe être *b* F.

Le ſinus de 72d. eſt 95105; 71329 en eſt les trois quarts; ce nombre eſt le ſinus de 45d, 30': la différence de 72d, & de 45d, 30' eſt 26d, 30' pour l'angle de réfraction G F T.

TROI-

TROISIÈME TABLE.

Calcul du 72e. degré.

Angle	GFT	26d.	30′.
Arcs	GT	53.	
	BG	18.	
	BT	71.	
	TC	19.	
	FT	89.	
	TI	89.	
	CI	70.	
	ID	20.	
	IK	40.	
	IL	89.	
	KL	49.	
Angles	LIK	24.	30.
	NLO	26.	30.
	MLO	51.	
Arcs	DL	69.	
	LA	21.	

On trouvera par un semblable calcul que le rayon *b* P tombant sur le 73e. degré, faisant son premier rayon rompu P *q*, fera l'arc P *q* de 88d, 20′, & l'arc *q* C de 18d, 40′. D'où il s'ensuit que le premier rayon réfléchi de *b* F, qui fait l'arc TI de 89d, passera le rayon réfléchi *q* R de 20′ de part & d'autre ; c'est à-dire, que les petits arcs T *q* & RI seront chacun de 20′: & par conséquent ces deux rayons réfléchis seront paralleles ; & par la démonstration précédente, les seconds rayons rompus LO & SV, qui sont les angles MLO & *m* SV chacun de 51 degrez, seront aussi paralleles.

On voit aussi par le même calcul, & par l'inspection de la figure, que ces rayons sont dans la même situation en entrant & en sortant de la goute, & qu'ils sont également distans, puisque l'arc LA est de 21d, & l'arc SA de 22d. D'où l'on voit évidemment que ces rayons doivent être colorés & conserver la vivacité de leurs couleurs jusques à une grande distance: il est vrai, qu'elles doivent être plus foibles que celles de l'Arc-en-ciel intérieur, parce que les rayons I*d*, qui font l'Arc-en-ciel intérieur, ne sont affoiblis que par deux réflexions & une réfraction, & le rayon LO est affoibli par deux réflexions & par deux réfractions.

Pour connoître quels sont les autres rayons qui peuvent contribuer à cet Arc-en-ciel, j'ai calculé les angles MLO, & les arcs LA pour tous

tous les degrez, depuis le 90d, jusques aux 58e. Ces angles & ces arcs servent à déterminer la hauteur de cet Arc-en-ciel, & les rayons qui le produisent, de même que les angles *f I d*, & les arcs T C & I D servent à déterminer l'Arc-en-ciel intérieur.

QUATRIÈME TABLE.

POUR L'ARC-EN-CIEL EXTÉRIEUR.

Degrez.		Arcs	L A.	Ang.	M L O.
90d.		21d.	36′	68d.	24′
86		24	36	61	24
82		25	48	56	12
80		26	12	53	48
79		25	30	53	30
78		25	6	52	54
77		24	42	52	18
76		24	12	51	48
75		23	30	51	30
74		22	48	51	12
73	30′	22	24	51	6
73		22		51	
72		21	50	51	
72		21		51	
71		20		51	
70	30	19	24	51	4
70		18	54	51	6
69	30	18	18	51	12
69		17	42	51	18
68		16	24	51	36
67		14	54	52	
66		13	30	52	30
65		12	6	53	6
64		10	18	53	42
63		8	36	54	24
62		6	48	55	12
61		4	54	56	6
60		3		57	
59		1		58	
		Arc A A			
50		1		59	

On voit par cette table. 1°. Que les rayons depuis le 71, jusques au 73e, font les angles M L O de 51 degrez, qui sont les moindres de tous. 2°. Que

2°. Que leurs ſeconds rayons rompus L O ſont paralleles, ou du moins ſenſiblement paralleles. 3°. Que depuis le 71d. juſques au 68e, & depuis le 73e. juſques au 75e, ces rayons L O ſont peu divergens entr'eux, étant pris de degré en degré. 4°. Que de même que dans le premier Arc-en-ciel, il y a un rayon comme celui du 59e. degré 30′, qui fait le plus grand angle *f* I *d*; & que pluſieurs autres decà & delà pris alternativement de deux en deux, font leur première réfraction ſur un même point T de la goute: ainſi dans le ſecond Arc-en-ciel, il y a un rayon comme celui qui tombe ſur le 72e. degré, qui fait le plus petit angle M L O; & qu'il y en a deçà & delà, qui pris de deux en deux ſont leurs premiers rayons réfléchis, paralleles entre eux, & enſuite leurs ſeconds rayons rompus. D'où l'on conclut, que ſi le rayon I *d* du 59e. degré 30′, qui fait le plus grand angle *f* I *d*, fait l'extrémité du rouge du premier Arc-en-ciel; auſſi le rayon L O du 72e. degré, qu'on ſuppoſe faire le plus petit angle M L O, fera l'extrémité du rouge du ſecond Arc-en-ciel.

On trouvera par le calcul quels ſeront les autres rayons qui feront leurs premiers rayons réfléchis paralleles. Par exemple, pour ſçavoir quel ſera le rayon qui ſera le parallelisme avec le 70e. degré, je prens le 74e, & je conſidére les arcs F T & T C du 70e, & du 74e. degré; je trouve que la différence de leurs arcs F T ou T I eſt 2 degrez 38′, & que celle de leurs arcs T C eſt 1d, 22′, qui eſt de plus de la moitié de 2d. 38′, & elle devroit être égale à cette moitié pour faire le parallelisme des premiers rayons réfléchis; je prens donc un moindre dégré que 74. (ſi la différence des arcs T C étoit moindre que la moitié de la différence des arcs F T, il faudroit prendre un plus grand degré que 74.) Je prens donc 73d, 45′, & je trouve que ſon arc F T eſt de 87d, 52′, & ſon arc T C de 18d. 23′; je trouve auſſi que l'arc F T du 70e. degré eſt 90d, 22′, & que ſon arc T C eſt de 19d. 38′; la différence de 90d, 22′, & de 87d, 52′, eſt de 2d, 30′, dont la moitié 1d, 15′ eſt égale à la différence de 18d, 23′, & de 19d, 38′; par où je connois que les rayons qui tombent ſur le 70d, & ſur le 73d, 45′, ſont leurs rayons T I paralleles, & enſuite leurs rayons L O.

Que ſi on objecte que le calcul des ſinus n'eſt pas entiérement exact, & que ces rayons T I ne ſont pas préciſément paralleles; on répond qu'il y en aura toûjours quelques-uns deça & delà de celui qui fait l'angle M L O le moindre de tous, qui feront leurs rayons T I paralleles, & que ſi le 73d, 45′ ne le fait pas préciſément avec le 70e. degré, il le fera avec quelque autre plus grand ou moindre de quelques minutes, ſecondes, tierces, &c. du moins la différence en ſera inſenſible; ce qui ſuffit pour faire les couleurs aſſez fortes.

On voit encore par cette table, que les rayons depuis le 90e. degré juſques au 79e, ne peuvent faire voir de couleurs, puiſque leurs angles M L O diminuent de ſuite, & que leurs arcs L A augmentent: & par cette raiſon le rayon du 86e. degré ſera ſon rayon rompu L O

intérieur au rayon L O du 82e, & ne le coupera point : au lieu qu'en entrant dans la goute, il lui étoit extérieur ; c'eſt-à-dire, dans la convexité ; ce qui détruit les couleurs par le ſeptiéme Principe.

La lumière de ces rayons eſt auſſi trop foible pour être apperçue de loin, à cauſe de leur trop grand écart, qui eſt de plus de cinq degrez.

Les rayons depuis le 59d, 30′, juſques au 50e. & au-deſſous, ne peuvent auſſi contribuer à cet Arc-en-ciel, à cauſe du trop grand écart de leurs rayons L O, qui eſt d'un degré entier entre ceux qui viennent du 59e. degré & du 58e, & de plus d'un degré entre ceux du 58e. & du 57e, &c.

On le connoîtra par expérience, ſi on fait tomber un rayon ſolide de deux ou trois lignes d'épaiſſeur ſur une phiole de verre vers le 59e. degré à peu près. Car, ſi cette phiole, repréſentée par la figure 37e, eſt de deux ou trois pouces de diamétre, & qu'elle ſoit bien ronde & remplie d'eau fort claire, lorſqu'on recevra le ſecond rayon rompu I d, qui eſt celui qui fait l'Arc-en-ciel intérieur, ſur du papier blanc, à deux ou trois pieds de diſtance de la phiole, on verra des couleurs très-vives ; mais ſi on reçoit de méme en V O le rayon rompu L O, venant du 59d, 30′, on ne verra que des couleurs très-foibles, & qui ſe diſſiperoient à une grande diſtance. Au contraire, ſi on fait tomber le méme rayon ſolide vers le 72d. degré ſur la phiole, on ne verra que de foibles couleurs dans le rayon rompu I d, & on en verra de fort belles dans le rayon L O, ſi on met le papier en V O ; ce qui fait voir évidemment, que les rayons qui tombent vers le 72e. degré, produiſent le ſecond Arc-en-ciel.

On ne voit qu'un rang de couleurs dans cet Arc-en-ciel, ſçavoir, du rouge, du jaune, du verd, du bleu, & du rouge de pourpre ; parce qu'encore qu'il s'y en pût faire d'autres, on ne les verroit point à cauſe de l'affoibliſſement de la lumière qui ſe fait par la réfraction aux points R & I où ſe fait la ſeconde réflexion.

Quand on ne voit qu'un rang de couleurs dans l'Arc-en-ciel intérieur, on ne voit point la bande de pourpre dans l'Arc-en-ciel extérieur ; & quand on voit en celui-ci la bande de pourpre, on peut voir deux ou trois rangs de couleurs dans l'autre.

On pourra expliquer la couleur de pourpre & les autres couleurs de cet Arc-en-ciel extérieur, comme on les a expliquées à l'égard de l'intérieur.

Pour avoir l'angle que l'extrémité du rouge de l'Arc-en-ciel extérieur fait avec le rayon du centre du ſoleil qui tend à l'œil, il faut ôter de l'angle M L O de 51 degrez, 16 minutes pour le demi diamétre du ſoleil, & environ 32 minutes pour l'écart du rouge qui doit être plus grand que dans l'Arc-en-ciel intérieur, parce que l'incidence ſur le 72e. degré eſt plus oblique que ſur le 59e, 30′ ; & par ce moïen on verra cette extrémité ſous un angle de 50 degrez 12′, à peu près.

J'ai

J'ai trouvé par le calcul, que ſi la proportion de la réfraction de l'eau étoit comme de quatre à trois & $\frac{1}{11}$, l'angle M L O du 72e. degré ſeroit de 45d, 36′; & que s'il tomboit de petites boules de verre, l'extrémité du rouge paroîtroit ſous un angle de plus de 80 degrez.

Lorſque les oiſeaux ſont fort élevés dans l'air, ils peuvent voir des couronnes entières au lieu de ces arcs: mais quand nous ſommes ſur de hautes tours ou ſur de hautes montagnes, nous ne pouvons voir le reſte de ces couronnes, parce que l'ombre que font les tours & les montagnes, tombent ſur les goutes les plus baſſes qui doivent achever les couronnes.

Pour connoître l'ordre & la ſituation des couleurs de l'Arc-en-ciel extérieur, conſidérez la figure 38e.

E, F, G, ſont 3 goutes de pluie, de chacune deſquelles ſortent 3 rayons; le plus haut eſt rouge, celui du milieu eſt verd, & le plus bas eſt de couleur de pourpre. TAB. XI. Fig. 38.

E *g*, F *g*, G *g*, ſont trois rayons paralleles qui font le rouge.

E *f*, F *f*, G *f*, font le verd; & E *e*, F *e*, G *e*, font la couleur de pourpre.

L'œil étant au point *d* reçoit le rayon rouge G *g d*, qui vient du 72e. degré, & ne reçoit pas les deux autres; il reçoit le rayon verd E *f d*, & ne reçoit ni F *g* ni F *e*; il reçoit auſſi E *e d* qui fait la couleur de pourpre, & les rayons E *g*, F *f*, paſſent plus haut; & par ce moïen il doit voir le rouge au-deſſous des autres couleurs, le verd au milieu, & la couleur de pourpre au-deſſus. Que ſi la ligne *d b* repréſente la continuation d'un rayon du centre du ſoleil, & que l'angle *b d* A ſoit d'environ 4d, 20′, & l'angle *b d* G d'environ 50 degrez 12′; l'angle G *d* A, qui ſera à peu près de 8 degrez 50′, fera connoître la différence des élévations de ces deux Arcs-en-ciel.

Je ne dois pas oublier ici de dire, qu'on voit quelquefois des Arcs-en-ciel ſans couleurs. Ils ſe font dans les brouillards, comme les autres ſe font dans la pluie.

J'en ai vû à trois diverſes fois; la dernière fois j'en vis deux de ſuite en moins d'une demi heure. C'étoit au mois de Septembre; il avoit fait un grand brouillard au lever du ſoleil. Une heure après, le brouillard ſe ſépara par intervalles; un vent qui venoit du levant aiant pouſſé un de ces brouillards ſéparés à deux ou trois cent pas au-delà du lieu où j'étois, & le ſoleil luiſant clairement deſſus, je vis un Arc-en-ciel ſemblable en grandeur, en ſituation, & en figure, à un Arc-en-ciel ordinaire. Il étoit tout blanc hors un peu d'obſcurité qui le terminoit à l'extérieur; la blancheur du milieu étoit très-éclatante, & ſurpaſſoit de beaucoup celle qui paroiſſoit ſur le reſte du brouillard; il n'avoit qu'environ un degré & demi de largeur. Un autre brouillard aiant été pouſſé de même, je vis un autre Arc-en-ciel ſemblable au premier; ces brouillards étoient ſi épais, que je ne voïois rien au-delà.

J'attribue ce défaut de couleurs à la petiteſſe des vapeurs imperceptibles qui compoſent les brouillards.

Cette apparence m'a fait connoître que ces vapeurs imperceptibles ne ſont pas étendues en de petits fils, comme le veut M. *Deſcartes*; mais qu'elles ſont rondes, puiſqu'elles font des réfractions ſous les mêmes angles que les goutes de la pluie.

Je me ſouviens d'avoir vû, il y a fort long-tems, en une même nuit, trois Arcs-en-ciel à la lune, ſemblables à ceux que je viens de décrire; c'étoit au mois d'Octobre, deux ou trois heures avant le jour; & ils ſe firent l'un aprés l'autre dans des brouillards ſeparés.

ONZIÈME APPARENCE.

Les petites Couronnes autour des Aſtres.

Lorſqu'il y a dans l'air des nuées médiocrement épaiſſes, on voit ordinairement autour du Soleil ou de la Lune, une eſpéce de Couronne lumineuſe de quatre ou cinq degrez de diamétre, terminée à l'extérieur par une couleur rougeâtre. Les parties intérieures ſont les plus lumineuſes, & tirent un peu ſur le bleu.

Il y en paroît quelquefois d'autres qui ont deux rangs de couleurs. Le rang extérieur a du rouge en ſon extrémité la plus éloignée, & enſuite du jaune, du verd, du bleu, & du violet; ce violet joint le rouge du rang intérieur: on voit mieux ces deux rangs de couleurs autour du Soleil, quand on les regarde par réflexion dans de l'eau calme, parce qu'on en eſt moins ébloui; il faut faire en ſorte qu'on ne voïe pas le Soleil par réflexion, mais ſeulement les nuées qui en ſont proches.

EXPLICATION.

CEtte apparence eſt encore plus difficile à expliquer que l'Arc-en-ciel: car on ne peut pas ſçavoir avec certitude, quelles ſont les matiéres qui la produiſent; ſi ce ſont des vapeurs aqueuſes, ou des exhalaiſons, ou des parcelles de neige dont les nuées ſont quelquefois mélées, & on n'en peut avoir que de légéres conjectures.

Mon hypothéſe eſt, que les petites couronnes qui n'ont qu'un rang de couleurs, ſe font dans les vapeurs aqueuſes qui compoſent les nuées; & je fonde cette hypothéſe ſur les expériences ſuivantes:

Regardez la flamme d'une chandelle à travers les vapeurs épaiſſes qui ſortent de quelque vaiſſeau plein d'eau bouillante pendant un grand froid; vous verrez une petite couronne de quatre ou cinq degrez de diamétre, concentrique à la flamme de la chandelle, & ſemblable à celles qu'on voit autour du ſoleil ou de la lune avec un ſeul rang de couleurs.

Vous verrez encore une ſemblable apparence, ſi vous ſoufflez, en ou-

ouvrant la bouche, contre une glace de verre bien polie comme celles dont on fait les miroirs, & que vous regardiez enſuite une chandelle allumée au travers des petites goutes d'eau imperceptibles qui terniſſent le verre.

J'explique ces petites couronnes en la manière ſuivante:

ABCD repréſente une goutelette de vapeur. A *e* C eſt le diamétre, par où paſſe le rayon *b* AC, qui vient du centre du ſoleil ou de la lune. *b* F G eſt un autre rayon parallele à *b* AC, qui fait ſa première réfraction en F T, coupant l'arc CB au point T, & ſa ſeconde en T *o* ſur l'œil en *o*, coupant en M le diamétre AC prolongé, & en *o*, le rayon *b o* parallele à *b* AC. TAB. XI. Fig. 39.

On fera le calcul de l'angle CMT ſelon la table ſuivante.

L'arc AF eſt de 6 degrez; N I K eſt parallele à *b* F G; *e* TE & FTL ſont des lignes droites; l'angle de réfraction G F T ſe trouvera par ce qui a été enſeigné dans le calcul de l'Arc-en-ciel, d'environ un degré, 30′.

CINQUIÈME TABLE.

Calcul des petites couronnes.

Angle	G F T	1d.	30′.	
Arcs.	G T	3.		
	T C	3.		
Angles	C *e* T	3.		
	ou E T K			
	E T L	4.	30.	
	E T M	6.	0.	20″
	K T M			
	ou C M T	3.	0.	20″
	ou *b* O T			

On trouvera par un ſemblable calcul, que ſi AF eſt de ſept degrez, l'angle CMT ſera de 3d, 30′, 40″; d'où l'on connoîtra que l'écart ou divergence des ſeconds rayons rompus du 6e. & du 7e. degré, en comptant de A vers B, fait un angle de 30′, 20″.

On trouvera de même, que l'écart des ſeconds rayons rompus du 20e. degré & du 21e, comprendra un angle de 33′; & enfin que plus les angles d'incidence ſeront grands, plus il y aura de différence entre les écarts de deux rayons qui ne différent que d'un degré: & parce que l'arc AB étant diviſé par degrez, les rayons paralleles à l'arc AC, qui tombent ſur les points les plus éloignés du point A, ſont plus proches les uns des autres que ceux qui tombent ſur les points moins éloignés, il y aura plus de lumière compriſe entre les rayons qui tombent ſur le 6e. &

ſur le 7e. degré, comme *b* F & *b h*, qu'entre ceux qui tombent plus loin, comme *b s*, *b* V. D'ailleurs, les rayons les plus obliques réfléchiſſent plus de lumière, & il en paſſe moins dans les réfractions; & ainſi il y a trois cauſes, qui rendent plus forte la lumière compriſe entre deux rayons différens d'un degré, quand ils tombent à trois ou quatre degrez de l'arc *b* A C, que quand ils tombent plus loin.

La premiére, qu'il y a plus de lumière entre les 2 rayons d'incidence. La ſeconde qu'il en paſſe plus à proportion à travers la goute dans les deux réfractions. La troiſiéme, que les écarts de la lumière ſont plus petits. D'où il s'enſuit, que la lumière rompue dans les goutelettes qui compoſent les nuées, n'eſt viſible que juſques à une certaine diſtance; & que le reſte de la nuée paroît ordinairement noir & obſcur.

De-là vient que les petites couronnes qu'on voit autour des petites planettes, n'ont ordinairement que deux ou trois degrez de diamétre.

J'ai obſervé pluſieurs fois, que l'air étant tout rempli de nuées qui alloient fort vîte, la lune diſparoiſſoit ſouvent; qu'on la voïoit quelquefois foiblement ſans aucune couronne, & quelquefois avec des couronnes, de deux, ou trois, ou quatre degrez de diamétre.

J'attribuois le premier cas à la trop grande épaiſſeur des nuées, qui ne laiſſoit paſſer aucune lumière ni directe ni rompue; le deuxiéme, à une moindre épaiſſeur, qui laiſſoit paſſer les rayons directs, mais qui ne laiſſoit pas paſſer les rayons rompus, à cauſe de leur foibleſſe; & les autres cas, à de moindres épaiſſeurs, mais différentes, qui laiſſoient paſſer plus ou moins de rayons rompus, ſelon qu'elles étoient plus ou moins épaiſſes.

Les couleurs de ces petites couronnes ſont foibles à cauſe que les réfractions ſont petites.

On prouvera que le rouge & le jaune doivent paroître à l'extérieur de ces couronnes, & le bleu dans l'intérieur, par les raiſons ſuivantes:

Les Opticiens ſçavent que les rayons paralleles qui tombent ſur une goute d'eau, ne coupent pas en leurs réfractions le diamétre prolongé dans un même point; mais que les plus éloignés du diamétre le coupent plus près de la circonférence.

Soient donc *b* F, *b h*, deux rayons paralleles venant du centre du ſoleil dont les ſeconds rayons rompus ſoient T M *o*, *r g q*, ſe coupant au point *x*: le rayon *r x* étant dans la convexité de la courbure ſera rouge par le premier Principe, & T *x* qui eſt dans la concavité ſera bleu; & ces couleurs ſe conſerveront au-delà de leur foyer *x*, comme il a été montré dans l'explication de la 8e. Apparence. Donc l'œil étant en *o* verra du bleu par le rayon *o* M T continué comme en *a*; le même œil ne recevra pas le rayon *q g r* continué en *y*; mais il recevra un autre rayon qui ſera parallele à *q y*, comme *o z*, qui viendra d'une autre goute; & par conſéquent il verra du rouge ſelon la direction *o z*: d'où il s'enſuit que le bleu paroîtra du côté du ſoleil, & le rouge vers l'extérieur de la couronne.

Ainſi

Ainſi s'il y a deux goutes d'eau comme *a* & *b*, en la figure 40e, de chacune deſquelles il ſorte deux rayons diſpoſés de même que les rayons *r q* & *T o*, & que leurs foyers ou interſections ſoient dans les points *e* & *f*; l'œil étant en *m* ne recevra point les rayons *e g* & *f n*; mais il recevra le rayon bleu *e m* & le rayon rouge *f m*, lequel rayon *f m* eſt extérieur au rayon *e m* à l'égard du corps lumineux qui le produit. TAB. XII. Fig. 40.

On expliquera de même les petites couronnes qui paroiſſent autour de la flamme d'une chandelle, lorſqu'on la regarde à travers quelques vapeurs épaiſſes qui ſortent d'une eau chaude.

A l'égard des petites couronnes qui ont deux rangs de couleurs, on peut croire qu'elles ſont produites par de petites parcelles plattes de neige qui ſont dans les nuées, leſquelles commençant à ſe fondre prennent des figures un peu convexes vers leurs extrémitez, qui deviennent fort tranſparentes, & par cette raiſon elles laiſſent paſſer facilement les rayons; & à cauſe de leurs convexitez, elles ont des foyers où les rayons s'entrecoupent & font un ſemblable effet à l'égard de l'ordre des couleurs que les petites goutes d'eau, mais les couleurs en ſont plus belles.

J'obſervai un ſoir la lune environnée d'une de ces couronnes à deux rangs: les couleurs en étoient belles & diſtinctes: l'air étoit aſſez ſerein, & il n'y avoit aucune groſſe nuée, mais ſeulement une vapeur blancheâtre uniforme où ſe faiſoit la couronne.

Je jugeai qu'elle procédoit de quelques parcelles plattes de neige fort légéres, dont les extrémitez tranſparentes avoient une convexité irréguliére, & par ce moïen il ſe faiſoit deux rangs de couleurs qui étoient contigus & non mêlés comme dans l'Arc-en-ciel intérieur, où le violet du premier rang & le rouge du ſecond ſe mêlent à cauſe de l'uniformité de la courbure ſphérique des goutes d'eau, qui ſépare moins les rayons qu'une courbure elliptique ou parabolique, &c. Cette couronne avoit environ cinq degrez de diamétre, & la largeur des deux rangs de couleurs depuis le jaune intérieur juſques au rouge du rang extérieur, étoit d'environ deux degrez: je fis remarquer cette couronne à pluſieurs perſonnes; car elle dura plus d'une heure.

Les parcelles tranſparentes de neige ont ſouvent des figures différentes, & alors il y a de la confuſion dans l'ordre des couleurs. J'ai vû quelquefois des nuées plus hautes de huit ou dix degrez que le ſoleil, faire paroître de ces couleurs confuſes; mais ordinairement quand les nuées ſont épaiſſes & ſéparées, on voit deux rangs de couleurs, & rarement trois, vers leurs extrémitez, lorſqu'elles ne ſont diſtantes que de deux ou trois degrez du ſoleil, ou quand le ſoleil étant caché dans le milieu de la nuée, ſa lumière paſſe à travers les bords, qui ſont moins épais.

Pour bien diſtinguer ces deux rangs de couleurs, il faut en regardant les nuées, s'empêcher de voir le ſoleil, & faire promptement l'obſer-

vation: car ſi on regarde long-tems des nuées fort éclairées, les yeux s'éblouiſſent, & on peut voir des couleurs qui procédent des impreſſions que la lumière trop forte a laiſſées dans les yeux, qui empêchent de diſcerner les autres. De-là vient qu'on voit plus aiſément les couleurs des petites couronnes dans l'eau par réflexion; ce qu'Ariſtote a remarqué dans ſes livres des *Météores*,

DOUZIÈME APPARENCE.

Les grandes Couronnes.

ON voit quelquefois pendant que l'air eſt aſſez ſerein, une grande Couronne d'environ quarante-cinq degrez de diamétre autour du Soleil ou de la Lune.

Les couleurs n'en ſont pas ordinairement bien vives; le bleu eſt en dehors & le rouge en dedans; la largeur des couleurs eſt à peu près comme celle des couleurs de l'Arc-en-ciel extérieur.

EXPLICATION.

JE prens pour la cauſe de cette Apparence de petits filamens de neige médiocrement tranſparens, qui ont la figure d'un priſme triangulaire équilatéral.

Mes conjectures ſont 1°. Quelles petites neiges plattes qui tombent pendant un grand froid, & qui ont des figures d'étoiles, ſont compoſées de petits filamens ſemblables à des priſmes équilatéraux, particuliérement celles qui ſont faites comme des feuilles de fougére, repréſentées par la figure 41e; ce qu'on voit aiſément par le microſcope.

J'ai ſouvent regardé les filamens qui compoſent la gelée blanche, qui paroît comme de petits arbres ſur les herbes dans les matinées froides du Printems & de l'Automne, & je les ai trouvé taillés à trois facettes égales, & les regardant au ſoleil, ils me faiſoient voir des couleurs d'Arc-en-ciel.

Or il eſt vrai-ſemblable, qu'avant que ces petites figures d'arbres ou de petites étoiles de neige ſoient formées, il vole dans l'air parmi quelques vapeurs peu épaiſſes, pluſieurs de ces priſmes ſéparés, qui en ſe joignant forment ces petites figures d'arbres ou d'étoiles. Ces petites étoiles ſont très-minces & très-légéres; & les petits filamens, qui les compoſent, le ſont encore plus, & peuvent être ſoûtenus par les vents fort long-tems en l'air: d'où il doit arriver que ſi l'air en eſt médiocrement rempli, en ſorte qu'il n'en ſoit pas beaucoup obſcurci, il y aura pluſieurs de ces filamens, ſoit qu'ils ſoient ſéparés, ſoit qu'ils aient déja formé les petites étoiles, qui ſe tournant en tous ſens par les différens mouvemens de l'air, ſeront diſpoſés à faire paſſer vers nos yeux

yeux pendant quelque tems, une lumière rompue colorée, ſemblable à peu près à celle que feroient paroître des priſmes équilatéraux de verre.

2°. Que le rouge des couronnes eſt du côté de l'aſtre qui les produit; ce qui ſuit néceſſairement de la figure de ces priſmes, comme il ſera démontré enſuite.

3°. Que les angles que doivent faire des priſmes équilatéraux de glace, avec les rayons du centre du ſoleil, ſont à peu près égaux à ceux ſous leſquels on voit ces grandes couronnes.

Ma méthode pour calculer ces angles eſt dans la table ſuivante.

A B C, dans la figure 42e, repréſente un priſme équilatéral de glace. TAB. XII. Fig. 42. Je ſuppoſe que D E continuée directement en *a b*, eſt un rayon du centre du ſoleil faiſant l'angle D E A de 48d. F E *g* eſt une ligne perpendiculaire à A B; E M eſt le premier rayon rompu, & M *b* le deuxième; E M N eſt une ligne droite; M L eſt parallele à D E *a b*; T M eſt perpendiculaire à B C.

SIXIÈME TABLE.

	D E A	48d.	
	F E D	42.	
	g E M	30.	8′.
	B E M	59.	52.
Angles	B M E	60.	8.
	C M N	60.	8.
	T M N	29.	52.
	T M *b*	41.	56.
	C M *b*	48.	24.
	a E B	48.	
	B *a* E	72.	
	C *a b* ou C M L	72.	
	b M L	23.	36.

Ce dernier angle fait connoître celui que le rayon rompu M *b* fait avec le rayon qui du centre du ſoleil tend à l'œil en *b*; mais il en faut ôter 16′, pour le demi diamétre du ſoleil, & 30′ pour l'écart du rouge, & il reſtera 22d, 50′ pour l'angle ſous lequel paroît l'extrémité du rouge de ces couronnes à l'égard du centre du ſoleil.

J'ai calculé pluſieurs autres rayons de différentes incidences pour trouver les angles *b* M L qui leur conviennent.

On peut voir dans la ſeptième table ceux qui ſont les plus néceſſaires.

SEPTIÈME TABLE.

Angles AED	Ang. hML
70d.	30d. 55′.
69	29 56
65	27 6
64	26 36
60	25 7
59	24 52
55	24 4
50	23 30
49	23 37
48	23 36
47	23 38
45	23 42
40	24 12
36	24 54
35	25 6
30	26 26
29	26 45
21	29 51
20	30 26

On voit par cette table que la lumière compriſe entre les rayons qui font les angles AED de 70d, & de 69, n'eſt pas propre pour contribuer à la production des grandes couronnes, parce que les extrémitez de cette lumière font un écart ou divergence d'environ un degré, & une telle divergence diſſipe trop la lumière qui fait les couleurs, & la rend trop foible pour être viſible. La lumière compriſe entre le 21e. degré & le 20e, dont l'écart eſt de 35′, celle qui eſt entre le 65e, & le 64e, dont l'écart eſt 30′, ſont auſſi de trop grandes divergences : mais la lumière peut commencer à être aſſez forte depuis le 60d. degré ; car entre ce degré & le 59e, il n'y a que 15′ d'écart. Celle qui eſt compriſe entre le 36e, & le 35d, peut auſſi être aſſez forte, puiſqu'il n'y a que 12′ d'écart.

On prouvera que le rouge doit paroître du côté du ſoleil en cette ſorte :

TAB. XII. Fig. 40. Les petits triangles équilatéraux *c u t* & 2 3 *d*, dans la figure 40e, repréſentent deux des petits priſmes qui compoſent les petites étoiles de neige ; *y m* eſt l'extrémité d'un rayon du centre du ſoleil ; l'œil eſt ſuppoſé en *m*. Quelques rayons paralleles à *y m* tombant ſur les côtez *u t*, 3 *d*, ſont leurs ſecondes réfractions au-delà des côtez *c t* & 2 *d* ; *t L*, *i m*, ſont deux de ces rayons ; & *q m* & *r h* deux autres. Il eſt mani-

nifeſte par ce qui a été dit en l'explication de la figure 16e, que les rayons rompus *i m* & *r b* ſont dans la convexité de la courbure, & *o l* & *q m* dans la concavité. Donc l'œil étant en *m* recevra le rayon rouge *i m* du priſme *c u t*, & le rayon bleu *q m* du priſme 2 3 *d*; mais il ne recevra point les rayons *o l* & *r b*, & par conſéquent il verra du rouge du côté du ſoleil, du centre duquel le rayon *y m* vient à l'œil, & il verra du bleu de l'autre côté.

Le rayon A E D du 48e. degré, qui fait le plus petit angle *b* M L, fera l'extérieur du rouge de la couronne par ſon ſecond rayon rompu M *b*; car il ſera dans l'extérieur de la convexité de la coubure à l'égard de tous les autres. Les ſeconds rayons rompus du 49e. degré & du 47e, pourront auſſi contribuer au rouge, parce que leur écart ou divergence avec le 2e. rayon rompu du 48e. n'eſt que d'une minute. Le reſte des couleurs ſe fera à peu près comme dans l'Arc-en-ciel extérieur.

La foibleſſe des couleurs peut être attribuée au peu de tranſparence de la plûpart de ces petits priſmes, & du petit nombre de ceux qui ſe trouvent bien diſpoſés dans tous les endroits de la circonférence de la couronne pour envoïer à l'œil par réfraction les rayons qui paſſent à travers.

On pourroit attribuer la production de ces grandes couronnes, aux petites grêles de figure pyramidale, dont les bords ſont un peu tranſparens, & le milieu eſt comme de la neige, leſquelles on voit aſſez ſouvent tomber quand il fait un froid médiocre. Car s'il arrive que leurs ſurfaces ſoient inclinées à celle de leur baſe d'environ 60 degrez, elles pourront faire des effets à peu près ſemblables à ceux que font les priſmes: & ces petites grêles pouvant être fort petites & fort légéres dans leurs commencemens, auſſi-bien que les petits priſmes, & pouvant auſſi être diſpoſées en tous ſens à l'égard du ſoleil ou de la lune; il y en auroit toûjours quelques-unes qui ſeroient en une ſituation propre à renvoïer à l'œil des rayons ſous un angle d'environ 22d, 30′, pour l'extrémité du rouge, & de 24d, 30′, pour l'autre extrémité viſible.

Je vis un jour trois de ces grandes couronnes paroître l'une après l'autre; chacune d'elles dura fort peu de tems; & il tomba ce jour-là pluſieurs fois de ces petites grêles taillées en pyramides.

On pourroit encore ſuppoſer qu'il y a dans l'air quelques autres météores qui peuvent former ces couronnes, ſçavoir, de petites parcelles de ſalpêtre ou de quelques autres ſels taillés en pyramides ou en priſmes, ou même quelques matières ſemblables à celles qu'on voit tomber en grands filamens blancs pendant l'Autonne, quand, après quelques pluïes, il fait beau tems deux ou trois jours de ſuite: car ces filamens ſont des couleurs d'Arc-en-ciel étant expoſés au ſoleil; & lorſqu'ils ſont encore en parcelles fort petites, & imperceptibles, ils peuvent avoir des figures propres à faire paroître les grandes couronnes. Je me ſers de l'hypothèſe des petits priſmes triangulaires plûtôt que d'au-

cune autre, parce qu'elle me paroît très-vrai-ſemblable.

TREIZIÈME APPARENCE.

Les Parélies ou faux Soleils.

LEs Parélies ou faux Soleils ſont des lumières fort vives qui paroiſſent quelquefois à côté du Soleil. Ceux qui ſont les plus ordinaires, ſe voient en même tems que les grandes couronnes, & ſont placés dans la même circonférence deçà & delà du Soleil. Ils ont autant de degrez d'élévation que le Soleil, & ils ont des couleurs à peu près ſemblables à celles de l'arc-en-ciel. Leur figure eſt ovale, & le diamètre ſelon l'ordre des couleurs eſt environ deux fois plus grand que l'autre; le rouge & le jaune ſont du côté du Soleil, & le bleu & le violet de l'autre côté; on voit rarement le violet.

EXPLICATION.

PArmi les petits priſmes équilatéraux qui ſont les grandes couronnes, il y en a ſouvent beaucoup qui ont une de leurs extrémitez plus légére que l'autre, & par cette raiſon ils doivent être en une ſituation perpendiculaire. Ces petits priſmes, étant à la hauteur du ſoleil & à 23 degrez de diſtance à peu près, doivent faire paroître des couleurs ſemblables à celle que font paroître les priſmes équilatéraux de verre; le rouge doit être tourné du côté du ſoleil, par les mêmes raiſons qui ont été dites à l'égard des grandes couronnes; & le bleu, de l'autre côté.

Les couleurs des parélies ſont plus belles que celles des grandes couronnes, parce qu'il y a plus de petits priſmes à proportion, qui ſont en une ſituation perpendiculaire, & qu'ils peuvent être mieux formés, & plus tranſparens vers leur extrémité la plus peſante. On a de la peine à voir le violet, parce qu'étant plus foible que les autres couleurs, il ſe diſſipe trop à une grande diſtance.

On ne voit qu'un ſeul parélie quand les couronnes ne ſont pas entières; & cela arrive quand les vapeurs où ſont les petits priſmes, ne ſont que d'un côté du ſoleil.

On voit ſouvent des couronnes entières ſans parélies, parce qu'il y a peu de petits priſmes qui ſoient alors diſpoſés à ſe tenir en une ſituation perpendiculaire, ou que le ſoleil eſt trop élevé.

On voit auſſi des parélies ſans couronnes.

J'obſervai un jour pendant l'Autonne, une nuée élevée de 15 ou 16 degrez ſur l'horiſon, le ſoleil étant à cette hauteur. Elle étoit large, ſelon ſa ſituation verticale, de 8 ou 10 degrez; & longue de plus de 50 degrez ſelon ſa ſituation horiſontale, qui étoit à peu près parallele à la ligne du midi. Le ſoleil paroiſſoit à travers le milieu de cette nuée; mais on ne diſtinguoit pas ſa figure, & il étoit environné d'une

ne petite couronne d'environ un degré & demi de diamètre. Je vis deux parélies ou faux ſoleils vers les extrémitez de la nuée avec des couleurs fort vives, & qui avoient autant ou plus d'éclat, principalament le verd, que le véritable ſoleil. Il ne paroiſſoit point de grande couronne, parce que l'air étoit très-pur au-deſſus & au-deſſous de la nuée, qui devoit être compoſée en partie de ces petits priſmes perpendiculaires.

Ces faux ſoleils durérent juſques à ce que le ſoleil fut élevé au-deſſus de la nuée.

On voit ſouvent à côté des parélies colorés, une queuë aſſez longue, d'une blancheur fort éclatante, & dans une ſituation à peu près horiſontale.

J'obſervai un jour pendant le Printems, environ ſur les trois heures après midi, des nuées élevées au-deſſus du ſoleil, mais un peu à côté: elles étoient fort proches l'une de l'autre, & la plûpart ſe touchoient; (on dit vulgairement quand on voit de ces ſortes de nuées, que le tems eſt pommelé.) Il paroiſſoit dans ces nuées des couleurs d'Arc-en-ciel ſans ordre; ce qui devoit procéder apparemment de pluſieurs petites parcelles de neige de diverſes figures irrégulières: mais il tomboit de ces nuées élevées une petite nuée blancheâtre, dans laquelle paroiſſoit environ la moitié d'une grande couronne avec d'aſſez belles couleurs, & un ſeul parélie fort éclatant, aiant une longue queuë d'une blancheur très-vive; cette queuë s'étendoit preſque horiſontalement à plus de 30^{d}. au-delà du parélie. Je jugeai que cette nuée peu condenſée, qui étoit comme un écoulement des nuées ſupérieures, étoit compoſée de pluſieurs de ces petits priſmes qui peuvent ſe tourner en tous ſens, leſquels étant plus peſans que les autres parcelles des nuées élevées, n'avoient pû être ſoûtenus à la même hauteur; ceux qui étoient en une ſituation perpendiculaire formoient le parélie coloré ſelon la manière qui a été expliquée.

Voici comme j'explique la longue queuë:

Les mêmes petits priſmes qui font les parélies, & que je conſidére ici comme des priſmes réguliers, pour la facilité de l'explication, demeurent toûjours dans une ſituation perpendiculaire; mais ils ſont tournés en pluſieurs ſens autour de leur axe, qui eſt la ligne qui joint les centres de leurs baſes: d'où il s'enſuit, qu'il y en a pluſieurs qui tournent une de leurs faces, directement au ſoleil, ou à peu près, quand il n'eſt pas beaucoup élevé.

Conſidérez la figure 43e, & ſuppoſez qu'elle repréſente la ſection d'un de ces priſmes ſituée horiſontalement.

Il a été dit dans l'explication de la figure 24e, que la lumière du ſoleil tombant directement ſur la ſurface A B entre T & A, paſſe ſans ſe rompre ſur A C en *e f*, d'où elle ſe réfléchit entiérement ſur B C, & paſſe au-delà ſans ſe rompre & ſans faire paroître aucunes couleurs en I L.

Cette lumière, après avoir paſſé au travers du priſme en cette manière, doit être auſſi forte que celle qui ſe réfléchit ſur les miroirs ordinaires où il y a du vif-argent; car il s'y fait de même une réflexion entière, & deux foibles réflexions en paſſant de l'air dans le verre & en repaſſant du verre dans l'air.

TAB. XII. Fig. 43. On peut donc tirer la même conſéquence à l'égard des petits priſmes de glace ſitués perpendiculairement: car A B C, en la figure 43e, étant la ſection d'un de ces priſmes, l'œil étant en L à une diſtance aſſez grande, & recevant la lumière du rayon *d e μ* qui paſſe à travers A B, & enſuite à travers A C, ſans ſe rompre, parce que *d e μ* eſt perpendiculaire à A B; il doit voir un grand éclat de blancheur vers le point *μ*, où le rayon ſe réfléchit entièrement; & cette blancheur ſera vûe à 60 degrez du ſoleil; ce qui ſe prouve ainſi:

A L, parallele à T C, eſt un rayon qui vient du centre du ſoleil: l'angle L A O eſt donc de 30d; & L O A étant un angle droit, l'angle A L O ſera de 60d.

Si l'angle D E B eſt de 80 degrez, ſon rayon rompu E M tombera au-deſſous du point *g*, où tombe F E *g* parallele à T C; & il ſe réfléchira entièrement par la troiſiéme Suppoſition, puiſque l'angle E M B ſera moindre que l'angle F *g* B qui eſt de 30 degrez; & repaſſant à travers A C, il ſera une réfraction en *o b* contraire à la premiére, ſi le rayon eſt conſidéré comme ſolide; & par conſéquent il ſera vû ſans couleurs, par le ſeptiéme Principe; mais l'écart de ſa blancheur ſera un peu moindre que celle qui vient du rayon *d e μ*, parce que l'incidence D E étant oblique, il ſe réfléchit plus de lumière aux points E & *o*, que quand l'incidence eſt perpendiculaire.

On connoîtra aiſément à quelle diſtance du ſoleil ſera vûe la blancheur du rayon *o b*, qui vient du rayon D E, & celle de tous les autres rayons, dont les premiers rayons rompus auront fait une réflexion de B C ſur A C: car les angles d'incidence, & de réflexion au point M étant égaux, l'incidence du rayon M *o* ſur A C ſera égale à l'incidence réciproque du rayon M E ſur A B. Donc le rayon rompu *o b* ſera l'angle C *o b* égal à l'angle D E B; mais le rayon D E étant continué directement en *a b*, & coupant A C en *a*, l'angle A *a* E ou C *a b* ſera toûjours le complément de l'angle D E B, ou A E *a* juſques à 120 degrez.

Si donc D E B eſt de 76 degrez, C *a b* ſera de 44 degrez; & C *o b* étant de 76 degrez, comme il a été prouvé, *o b* & *a b* continuées ſe rencontreront: & l'angle *a b o* ſera connoître que l'œil étant en *b* il verra le centre du ſoleil par le rayon viſuel *b a*, & l'éclat de la blancheur par le rayon viſuel *b o*; & que l'angle compris de ces deux rayons ſera de 32 degrez, différence de l'angle C *o b* de 76d, & de *b a o* de 44d.

Il eſt manifeſte par le calcul, que ſi l'angle D E B eſt de 48d. 11′, le premier rayon rompu E M, qui ſera alors paralelle à B C, tombera ſur A C, & ſera des couleurs en ſa ſeconde réfraction; & que les autres

tres rayons qui feront l'angle D E B au-deſſus de 49 degrez, pourront tomber en leur premier réfraction ſur B C continuée s'il eſt beſoin. Mais, afin que leurs premiers rayons rompus puiſſent tomber entre B & C, il eſt néceſſaire que le point E ſoit très-proche du point B, car autrement ces rayons rompus tomberoient ſur A C, & ne feroient point paroître de blancheur. D'où je conclus, que ſi l'angle D E B eſt de 65 degrez, on ne pourra voir ſa blancheur: car ſon premier rayon rompu E M ſera l'angle *g* E M de 18^{d}, 29′; & par conſéquent B E M ſera de 108^{d}, 29′, & E M B de 11^{d}, 31′. Or ſi l'on ſuppoſe que les petits priſmes de glace aiant une ligne de largeur en chacune de leurs ſurfaces, & que la ligne E M ſoit de $\frac{1}{4}$ de ligne; on trouvera par le calcul que E B ne ſera que d'environ $\frac{1}{8}$ de ligne. Et parce que les triangles B M E & M *o* C ſont ſemblables, *o* C ne ſera que le tiers de E B, c'eſt-à-dire, qu'environ $\frac{1}{12}$ de ligne. Mais j'ai ſouvent remarqué que le extrémitez de ces petits priſmes étoient un peu neigeuſes & obtuſes. D'où il s'enſuit, que depuis le rayon qui fait l'angle E D B de 60^{d}, juſques à celui qui le fait de 70 degrez, il n'y en a aucun qui puiſſe faire paroître un éclat de blancheur à l'œil ſitué au-delà de A C, parce que leurs rayons rompus & réfléchis s'embaraſſent dans ces extrémitez irrégulières, & s'il arrive qu'on voïe quelquefois de la blancheur par ces rayons, il faut que les priſmes ſoient alors très-réguliers.

Quand D E B eſt de 60 degrez, ſon ſecond rayon rompu eſt parallele au rayon D E *a b*, parce que l'angle C *o b* eſt de 60^{d}, auſſi-bien que l'angle C *a b*; & ainſi ſa blancheur ne pourroit être vûe que ſelon les rayons qui viendroient du ſoleil, qui la rendroient inviſible.

Depuis le 60e. degré juſques au 48e, 11′, les ſeconds rayons rompus font les angles C *o b* plus petits que les angles C *a b*. D'où il s'enſuit, que l'œil étant dans la ligne *a b*, il ne recevra point le rayon *o b*.

Si G T eſt le rayon d'incidence, & que l'angle G T A ſoit de 74^{d}, 43′, la première réfraction en T *m* ſera l'angle T *m* B de 41^{d}, 24′, lequel par la 3e. Suppoſition ſera à peu près le plus grand de tous ceux qui feront réfléchir entièrement la lumière; & par cette raiſon le ſecond rayon rompu ſera voir de la blancheur, mais un peu moins forte que celle qui vient du rayon *d e*, à cauſe que l'incidence G T eſt oblique.

On trouvera l'angle de la diſtance de cette blancheur juſques au ſoleil, en tirant la ligne A λ parallele à G T juſques à ce qu'elle rencontre le ſecond rayon rompu de G T: car à cauſe de la ſimilitude des triangles T *m* B & ω *m* C, l'angle A ω λ ſera de 74^{d}, 43′; & parce que L A λ eſt de 15^{d}, 17′, auſſi-bien que G T *s*, l'angle ω A λ ſera de 15^{d}, 43′, différence de 30^{d}, & de 15^{d}, 17′. D'où il s'enſuit, que l'angle A λ ω, ſous lequel on verra la diſtance entre le ſoleil & la blancheur du rayon λ ω, ſera de 90^{d}, 34′.

Par les mêmes raiſons, l'angle G T A étant de 75 degrez, l'angle A ω λ ſera auſſi de 75 degrez, & l'angle λ A ω de 15 degrez. Donc l'ange A λ ω ſera de 90 degrez.

Si

Si GTA eſt de 80^{d}, l'angle A$\omega\lambda$ ſera de 80^{d}, & ωAλ de 20^{d}, & par conſéquent A$\lambda\omega$ ſera de 80^{d}; & plus l'angle GTA approchera de 90^{d}, plus l'angle $\omega\lambda$A diminuera.

Tous les autres rayons qui feront GTA moindre que 74^{d}, 43$'$, ſeront l'angle TmB plus grand que 41^{d}, 24$'$. D'où il arrivera qu'une bonne partie de la lumière paſſera au-delà de BC par réfraction, & qu'il s'en réfléchira auſſi beaucoup par les obliquitez des incidences; ce qui rendra le rayon $\omega\lambda$ très-foible, & fera que ſa blancheur ne paroîtra que très-rarement.

Il réſulte de tous ces raiſonnemens, que la queuë blanche d'un parélie ne doit commencer à être bien viſible, qu'à environ 20 degrez de diſtance du ſoleil, & qu'elle ne doit s'étendre que fort peu au-delà du 90e. degré; & par ce moïen elle ne peut avoir qu'environ 70 degrez d'étenduë; mais ordinairement elle en aura beaucoup moins, & ne paſſera pas trente ou quarante degrez, parce que les petits priſmes s'étendent rarement aſſez loin à côté des ſpectateurs pour faire une queuë plus longue.

On ne doit point croire que cette apparence de blancheur procéde des réflexions qui ſe font ſur les ſurfaces, qui ſont tournées du côté du ſoleil, ſoit des petits priſmes, ſoit de quelques autres météores: car ces réflexions renvoïent une lumière trop foible, particulièrement quand les rayons tombent directement ou peu obliquement.

On en peut voir l'expérience, ſi on tient à la main une chandelle allumée, & qu'on la regarde dans un grand miroir dont la glace ſoit fort épaiſſe: car la flamme de la chandelle qu'on verra par la réflexion ſur le vif-argent qui eſt au-delà de la glace, eſt ſans comparaiſon plus éclatante que celle qu'on voit par la réflexion qui ſe fait ſur la première ſurface du verre. Et ſi on ſe place entre deux chandelles allumées qui ſoient à peu près à même hauteur, & comme aux points d & p de la figure 43e; celle qui ſera au point p, & qui réfléchira ſa lumière ſur la ſurface AC de py en yL, vers l'œil en L, paroîtra beaucoup moins éclatante par ce rayon yL, que l'autre par le rayon OL, qui viendra par réflexion de $de\mu$ en μOL.

Pour bien faire cette expérience, il faut que l'œil, qu'on ſuppoſe être au point L, ſoit à la même hauteur que les flammes des chandelles; que le priſme ſoit ſitué perpendiculairement; & que les rayons viſuels qui vont aux points d & p, comprennent à peu près un angle droit.

Quand le ſoleil eſt fort élevé les parélies paroiſſent un peu au dehors de la couronne.

J'ai lû dans une rélation, qu'une grande couronne aiant paru un peu après le lever du ſoleil au mois de Mai, les parélies étoient dans la circonférence de la couronne; mais que deux ou trois heures après ils en parurent ſéparés à plus d'un degré de diſtance.

Cette apparence procéde de ce que le ſoleil étant proche de l'horiſon, les ſections des petits priſmes perpendiculaires, où ſe font les réfrac-

fractions, ſont à peu près horiſontales: au lieu que quand le ſoleil eſt élevé de 25 ou 30 degrez, les incidences ſur ces priſmes ſont plus obliques; & par conſéquent les réfractions ſe font plus grandes, & jettent les parélies en dehors.

On verra un ſemblable effet, ſi on place deux chandelles allumées en ſorte que l'une ſoit à trois ou quatre pieds de diſtance de l'autre, & directement au-deſſus: car ſi on tient l'œil à la hauteur de la chandelle la plus baſſe, & qu'on les regarde à travers un priſme de verre ſitué perpendiculairement, & tourné de manière qu'on voïe les flammes des chandelles avec des couleurs; celle d'en-haut, qui repréſentera le ſoleil quand il eſt fort élevé, paroîtra beaucoup à côté de l'inférieure, qui repréſente le ſoleil proche l'horiſon.

La longueur des parélies n'eſt que de deux degrez & quelques minutes. La différence des angles *b* M L, du 60e. & du 48e. degré qui eſt d'un degré 31′, fait une partie de cette longueur; le reſte procéde de l'écart du rouge & du bleu. Si on voïoit le violet, le parélie pourroit s'étendre à deux degrez & demi ſelon l'ordre des couleurs. TAB. XII. Fig. 42.

Ce qui doit faire la plus grande difficulté dans les explications des grandes couronnes & des parélies, eſt que je ſuppoſe que chacune de ces apparences eſt produite par des priſmes de ſemblable figure, & cependant les couleurs des couronnes ſont peu vives, & celles des parélies ont beaucoup d'éclat. Mais on pourra ſe ſatisfaire là-deſſus, ſi l'on conſidére que les Arcs-en-ciel qui ſe font dans les brouillards, n'ont que de la blancheur, & que ceux qui ſe forment dans les goutes des pluies, ont des couleurs fort belles, particuliérement quand les goutes ſont fort groſſes: car en tirant les mêmes conſéquences à l'égard des priſmes de neige glacée, on jugera aiſément que ceux qui ſont les plus petits & qui par leur légéreté ſont tournés facilement en tous ſens par les moindres mouvemens de l'air, doivent faire des couleurs fort foibles, à cauſe de la petiteſſe de l'eſpace tranſparent qui eſt entre leurs bords neigeux; au lieu que ceux qui ſont les parélies, étant plus grands & mieux formés, doivent faire des couleurs très-vives.

C'eſt par la même raiſon que les grandes couronnes durent ordinairement plus long-tems que les parélies; car leurs petits priſmes étant plus légers, ils ſe ſoûtiennent plus long-tems en l'air.

Il y a des Auteurs & des rélations qui aſſûrent, qu'on a vû des faux ſoleils ſans couleurs au-deſſus ou au-deſſous du véritable; qu'il y en avoit quelques autres qu'on voïoit en tournant le dos aux faux ſoleils colorés, & qu'ils paroiſſoient tous en même tems dans un grand cercle horiſontal tout blanc.

Je n'entreprens point d'expliquer ici ces apparences, parce que je n'en ai jamais vû de ſemblables, & que je n'ai point de certitude des circonſtances qui les accompagnent.

TRAITÉ DES COULEURS.

SECONDE PARTIE.

DES COULEURS QUI PAROISSENT A TRAVERS L'AIR PUR SUR LES CORPS LUMINEUX ET ILLUMINE'S.

CEs couleurs ſont appellées fixes & permanentes, pour les diſtinguer de celles qui ſe produiſent par le paſſage de la lumière à travers les corps tranſparens ſans couleur.

Il y en a cinq principales; le blanc, le noir, le rouge, le jaune, & le bleu: toutes les autres ſe peuvent faire par le mélange de quelques-unes de celles-ci; le jaune & le bleu mélés enſemble ſont du verd; le rouge & le bleu ſont du violet.

Il y a des corps lumineux de différentes couleurs; le ſoleil eſt blanc, de même que la plûpart des étoiles fixes: il y en a quelques-unes qui ont beaucoup de rougeur, comme l'œil du taureau, & le cœur du ſcorpion: il y en a auſſi de jaunes & de bleues. Quand on regarde le ſoleil à travers un air très-pur, il éblouït & on ne peut diſcerner ſa blancheur: mais ſi on fait réfléchir ſa lumière avec une glace de verre fort polie & ſans couleur ſur de l'eau claire, & que cette lumière ſe réfléchiſſe encore de la ſurface de l'eau vers les yeux, on verra deux ſoleils très-blancs; il en paroît deux à cauſe que chaque ſurface du verre fait ſa réflexion à part. Cette lumière ſe voit ſans peine, parce que la plûpart des rayons paſſent à travers le verre, & qu'une bonne partie de ceux qui s'y réfléchiſſent, entrent dans l'eau.

On peut remarquer auſſi la blancheur du ſoleil, quand on le regarde au travers de certains brouillards médiocrement épais.

La flamme du ſoufre & celle de l'eſprit de vin ſont bleues. Le bois pourri, les vers luiſans, les écailles de quelques poiſſons de mer, jettent des lumières qui tirent auſſi ſur le bleu.

La flamme du bois eſt de différentes couleurs, on y voit du blanc, du jaune, du rouge, & du bleu.

Les

Les corps qui ne ſont pas lumineux, n'ont point de couleurs, à parler proprement: car puiſqu'elles ne conſiſtent que dans les impreſſions que la lumière modifiée fait ſur les organes de la viſion, il eſt manifeſte que ce qui n'a point de lumière, ne peut faire de ſoi-même aucune impreſſion de couleur. Il eſt vrai que ces corps, par les diſpoſitions & les ſtructures intimes de quelques-unes de leurs parties, donnent des modifications à la lumière qui les éclaire, & par cette raiſon on peut dire qu'ils produiſent les couleurs qu'ils font paroître. Ainſi, quand on dit qu'une roſe eſt rouge, on peut entendre qu'elle a quelques diſpoſitions particulières qui peuvent modifier la lumière d'une manière propre à faire paroître de la rougeur.

Les plus belles couleurs fixes paroiſſent ſur les fleurs & ſur les plumes des oiſeaux: l'art les imite aſſez bien dans les teintures des étoffes, par le mélange de diverſes drogues dont quelques-unes ſont claires & tranſparentes comme de l'eau pure. On voit auſſi de très-belles couleurs dans la plûpart des pierres précieuſes & dans quelques minéraux.

Quelques-unes des couleurs qui paroiſſent ſur les ſurfaces des corps illuminés, ſe font par des réfractions: celles-là ſont changeantes ſelon les différentes poſitions des yeux, comme on peut le remarquer dans les opales, & dans la nacre de perles, où un même endroit paroît ſucceſſivement rouge ou verd, ſelon qu'il eſt regardé plus ou moins obliquement.

Il ſe fait encore très-ſouvent des apparences de couleurs par les impreſſions dont nos yeux ſont prévenus, leſquelles ſe confondant avec celles des objets preſens, font paroître leurs couleurs d'une autre manière qu'elles ne paroîtroient.

Pour expliquer avec ordre toutes ces différences, je diviſerai cette ſeconde Partie en quatre Diſcours.

Dans le premier je parlerai des couleurs qui paroiſſent ſur les corps lumineux.

Dans le ſecond j'expliquerai celles qui procédent de quelques réfractions que la lumière ſouffre, quand elle pénétre un peu les premières ſurfaces de quelques corps, & qu'elle ſe réfléchit enſuite vers nos yeux.

Dans le troiſième je traiterai des couleurs qui paroiſſent toûjours les mêmes à peu près, ſoit qu'on les regarde directement ou obliquement, comme ſont celles qui paroiſſent ſur les fleurs, ſur les Etoffes, dans les verres colorés, &c. J'appellerai ces couleurs fixes & permanentes, pour les diſtinguer des autres.

Le quatrième contiendra les raiſons de pluſieurs apparences cauſées par les éblouïſſemens, ou par quelques autres modifications des organes de la viſion, qui font changer les apparences ordinaires de couleurs.

PREMIER DISCOURS,

DES COULEURS QUI PAROISSENT DANS LES CORPS LUMINEUX.

LA lumière vive & forte des corps lumineux les fait toûjours paroître blancs. On en voit l'expérience dans la lumière du ſoleil, qui s'eſt teinte de quelques couleurs en paſſant par des vitres colorées: car ſi on reçoit cette lumière ſur un verre convexe dont le foyer ſoit de 8 ou 10 pouces, elle paroîtra colorée deçà & delà du foyer; mais dans le foyer, où elle ſera forte & réunie, elle paroîtra toute blanche; & ſi on met un papier noirci dans le foyer d'un petit miroir brûlant, l'endroit où la lumière du ſoleil ſera réunie, paroîtra blanc, avant que le feu s'y mette.

Le charbon allumé eſt rouge; mais ſi on augmente la force de ſa lumière en le ſoufflant, il paroîtra blanc; & il reprendra ſa couleur rouge, quand on aura ceſſé de ſouffler & que ſa lumière s'affoiblira.

La lumière très-forte & blanche paſſant au travers des fumées du feu & des exhalaiſons de la terre, & s'affoibliſſant par ce paſſage, prend une couleur rouge.

La flamme de l'eau de vie, celle du ſoufre, & la plûpart des autres flammes foibles donnent des lumières bleues.

Quelques Philoſophes attribuent ce dernier effet à la diſcontinuation de la lumière, & ils attribuent au mélange du blanc & du noir, la rougeur que les fumées donnent à la lumière blanche. Je demeure d'accord que la flamme de l'eau de vie & celle du ſoufre ſont diſcontinuées, & que c'eſt une condition néceſſaire à la lumière pour paroître bleue, d'être diſcontinuée; car ſi elle étoit ſerrée & forte, elle paroîtroit blanche: mais cette condition n'eſt pas la cauſe poſitive de la couleur bleue, comme on peut le juger par les expériences ſuivantes.

Aïez un petit carré de papier blanc d'environ ſix lignes de largeur: faites-y pluſieurs petits points noirs avec de l'encre, en ſorte qu'il y ait à peu près autant de noir que de blanc; ce petit papier étant mis ſur du noir, & étant regardé de dix ou douze pieds, paroîtra blanc, & non bleu, quoique la blancheur ſoit diſcontinuée. Mettez du vif-argent bien net avec un peu d'eau fort claire ſur un carton noir; vous pourrez le réduire en pluſieurs petites goutelettes rondes qui ſe toucheront. Chaque goutelette fera le même effet qu'un petit miroir convexe, & fera paroître comme en un point la lumière du ſoleil qui s'y réfléchit; mais vous ne verrez aucune réflexion de lumière ſenſible dans les intervalles qui ſéparent ces points lumineux; & par conſéquent, leur lumière ſera fort diſcontinuée: & cependant, ſi vous regardez ces goutelettes d'un peu loin, il n'y paroîtra point de bleu, mais elles paroîtront comme

me une blancheur continue, de même qu'il paroît un bleu continu dans la flamme de l'eau de vie, & dans celle du soufre, quoiqu'elles soient beaucoup discontinuées: la première par des vapeurs aqueuses, & l'autre par le mélange de ce qui se réduit par la distillation en une liqueur acide, qu'on appelle l'aigre de soufre. D'ailleurs, la flamme de l'esprit de vin très-rectifié ne paroît pas moins bleue que celle de l'eau de vie, quoiqu'elle soit beaucoup moins discontinuée; d'où il s'ensuit, que la couleur bleue de ces flammes ne procéde pas de la seule discontinuation. Il est encore manifeste que le melange du blanc & du noir ne produit pas nécessairement une couleur rouge, puisque les Peintres, mêlant du blanc de plomb avec du noir de fumée, font par ce mélange une peinture qui tire sur le bleu & non sur le rouge. Ma pensée est, qu'il est très-difficile de donner les causes certaines de ces couleurs différentes, & que, suivant ce qui a été établi au commencement de ce Traité, il suffit de dire que les lumières foibles & discontinuees des fumées allumées de l'eau de vie, du soufre, & des autres exhalaisons subtiles & raréfiées, sont disposées à l'égard des organes de la vision, d'une maniere propre à faire paroître du bleu; & que les lumières fortes, particulièrement celles des matieres solides embrasées, passant au travers de quelques fumées épaisses, y reçoivent une modification propre à faire paroître une couleur rouge: & il est aisé de juger qu'il doit y avoir une difference sensible entre les effets d'une matiere grossière & terrestre, & ceux d'une exhalaison légére.

Ces choses étant supposées comme des principes d'expérience, on pourra suffisamment expliquer les différentes couleurs de tous les corps lumineux. En voici quelques exemples:

Le fer, qui est une matiere pesante & solide, étant bien embrasé paroît blanc, parce qu'alors toutes ses parties sont lumineuses, & que la lumière en est très-vive; mais en se refroidissant, les parties extérieures qui s'éteignent les premières, obscurcissent, par le melange de quelques fumées terrestres non allumées la lumière des intérieures, & la font paroître jaune, puis rouge, & enfin d'un rouge fort obscur quand le fer est sur le point de n'être plus lumineux.

La flamme d'une chandelle est bleue en sa partie la plus basse, par sa propre couleur, & parce qu'il y a peu de matière allumée; le milieu est blanc, à cause que la flamme bleue du dessous se mêle, en s'élevant, avec les autres flammes bleues qui se font plus haut, & les fortifie en sorte qu'elles ont assez de vivacité toutes ensemble pour faire un éclat de blancheur; mais au haut de la flamme, il y a déja des fumées des parties basses qui sont éteintes, lesquelles obscurcissant l'éclat de celles qui sont allumées, les font paroître jaunes ou rouges, selon qu'il y a plus ou moins de leur mélange. On voit aussi de la blancheur au haut de la flamme de l'esprit de vin tres-rectifié, & quelquefois du rouge au haut de celle de l'eau de vie quand il y a quelque melange de parties

groſſières. On expliquera de même les couleurs différentes de la flamme du bois.

Si on jette parmi du ſable mouillé une médiocre quantité de mine de fer fondue, il s'en éléve juſques à trois ou quatre pieds de hauteur pluſieurs parcelles enflammées, qui paroiſſent comme de petites étoiles bleues; & lorſque le fer eſt embraſé, il jette des étincelles bleuâtres, & une eſpéce de flamme mêlée de blanc & de bleu: ces lumières bleues procédent des fumées du ſoufre du fer, leſquelles étant allumées ſont très-ſubtiles & très-raréfiées.

Par les mêmes raiſons la flamme du cuivre fondu eſt bleue, mais ce bleu eſt mêlé de violet & de verd. Cette dernière couleur eſt particulière au cuivre, & elle vient des mêmes principes, qui font que ſa rouille, qu'on appelle du verdet ou du verd de gris, eſt d'un verd tirant ſur le bleu. On voit auſſi cette couleur verte dans les vieilles médailles qu'on trouve dans de la terre humide.

Les petits charbons qui ſont au milieu du feu, étant médiocrement embraſés, paroiſſent rouges & jaunâtres, par leur terreſtréité & par le mélange des fumées qui en ſortent: mais quand leur matière inflammable commence à s'uſer, & qu'ils ſe couvrent de cendre, la dernière parcelle qui demeure en feu, paroît très-blanche, & éclatante un moment avant qu'elle s'éteigne, parce qu'alors il n'y reſte plus aucune fumée qui puiſſe obſcurcir ſa lumière & la faire paroître rouge. Par les mêmes raiſons, les étincelles qui ſortent du charbon allumé, ſont rouges au commencement, & prennent un éclat de blancheur ſur la fin de leur lumière.

Une tuile étant expoſée à un miroir brûlant, juſques à ce que l'endroit qui eſt au foyer, ſoit fondu, & étant rétirée enſuite, cet endroit paroît blanc par la force de ſa lumière qui vient d'une matière ſolide & terreſtre; mais incontinent après il devient jaune & enfin rouge par l'affoibliſſement de ſa lumière, & par le mélange des fumées terreſtres & groſſières.

Le verre fondu bien embraſé eſt blanc, & devenant peu à peu moins chaud, il paroît jaune & enſuite rouge; ces couleurs procédent de ſa matière terreſtre, & des fumées qui en ſortent, quoiqu'elles ſoient inviſibles.

Pour s'aſſûrer qu'il ſort des fumées de ces matières, on pourra faire l'obſervation ſuivante:

Les Emailleurs fondent le verre, en faiſant paſſer le vent d'un petit ſoufflet à travers la flamme de leur lampe. Ce vent pouſſe ou entraîne après ſoi, comme un petit dard de flamme bleuâtre, qui rencontrant de l'émail de verre ou du fil de fer, les allume d'un feu qui eſt rouge au commencement & enſuite blanc. Ce petit dard de flamme paroît encore bleu au-delà de ces matières avant qu'elles ſoient en feu: mais quand elles ſont embraſées, la flamme de la lampe qui paſſe au-delà, devient

vient jaune & rouge ; ce qui ne peut arriver que parce qu'elle emporte de petites particules terreſtres, & quelques fumées groſſières du verre & du fer quand ils ſont en feu. Si l'Émailleur ſe ſert dans ſa lampe d'huile de cheval au lieu d'huile de navette, le petit dard de flamme ſera jaune & non bleu, à cauſe de la groſſièreté de cette matière huileuſe.

Le verdet en poudre mis ſur du fer rouge ſous du bois allumé, fait paroître des flammes vertes par le mélange de ſes fumées avec la flamme du bois qui les allume.

Si vous mettez en un petit paquet ce qu'on retranche des bords d'un chapeau noir pour l'arondir, & que vous jettiez ce paquet dans un aſſez grand feu ; vous verrez au commencement une flamme blanche, & enſuite de très-belles couleurs de bleu, de verd, & de violet, pendant l'eſpace d'un quart d'heure : la blancheur procéde de la matière de l'étoffe, dont la flamme eſt aſſez tôt éteinte : les flammes vertes, bleues, & violettes, qui durent long-tems, viennent du mélange du verdet avec quelques autres drogues qu'on emploïe pour teindre les chapeaux en noir. Si l'on veut qu'il paroiſſe beaucoup de verd, il faut mettre le bout d'un tiſon allumé auprès de la flamme bleue ou violette ; car les parcelles du verdet en ſeront plus fortement allumées, & feront mieux paroître leur beau verd.

Les étoiles qui paroiſſent rouges ou jaunes, doivent avoir une grande lumière, dont la vivacité eſt obſcurcie par quelques exhalaiſons qui s'étendent autour d'elles : celles qui paroiſſent bleues ont une lumière foible, mais pure & ſans mélange d'exhalaiſons.

La lumière du bois pourri & celle des vers luiſans paroiſſent bleues, à cauſe de la ſubtilité de quelques exhalaiſons de ſels volatiles ou de matières ſulfurées qui n'ont point de chaleur ſenſible : il eſt vrai-ſemblable que ce n'eſt point une matière allumée, puiſque l'eau ne l'éteint point, qu'elle n'a aucune chaleur ſenſible, & qu'elle ne ſe conſomme point. Les phoſphores artificiels, qui font paroître une lueur bleue étant mis dans de l'eau, peuvent être d'une ſemblable nature ; comme auſſi les lumières bleues de l'eau de la mer agitée, & celles qui paroiſſent dans de certaines parties des chairs de quelques animaux quand elles commencent à ſe corrompre.

Quand le ſoleil & la lune ſe lévent ou ſe couchent, ils paroiſſent ordinairement fort rouges. Cette rougeur procéde de ce que leur lumière paſſe au travers de quantité de fumées terreſtres & ſalpétreuſes qui rempliſſent l'air proche de la terre ; ce qu'on croira facilement, ſi l'on ſçait que lorſqu'on diſtille du ſalpêtre pour faire de l'eau-forte, les fumées qui montent & qui circulent dans le balon, paroiſſent très-rouges quand on tient une chandelle allumée au-dela du balon, & qu'on la regarde à travers ces fumées. On voit auſſi le ſoleil rouge, ſi on le regarde à travers un verre où l'on ait mis une petite épaiſſeur d'encre ou de noir de fumée.

On

On pourra expliquer de même les couleurs des autres corps lumineux.

Il faut remarquer ici que la lumière & la chaleur du ſoleil paſſent avec une égale facilité à travers le verre & les autres corps tranſparens; ce qu'on peut obſerver en mettant une glace de verre ſur un petit miroir concave de métail expoſé au ſoleil: car, il ſera un ſemblable effet à peu près dans ſon foyer pour mettre le feu, comme s'il n'y avoit point de verre; & la différence ſera ſeulement d'environ une cinquième partie, qui eſt à peu près ce que la lumière perd par les réflexions qui ſe font ſur les ſurfaces du verre en paſſant & repaſſant. Mais, il n'en eſt pas de même de la chaleur du feu & de ſa lumière: car ſa lumière paſſe facilement à travers le verre, & ſa chaleur n'y paſſe point, ou bien il y en paſſe très-peu; vous en pourrez faire l'expérience en cette ſorte:

Servez-vous du même petit miroir concave, & le tenez à deux ou trois pieds de diſtance d'un aſſez grand feu: faites réfléchir ſa lumière ſur quelque endroit de votre main, de manière qu'elle s'y réuniſſe; vous ſentirez une chaleur telle que vous ne la pourrez ſouffrir que très-peu de tems: couvrez enſuite votre miroir avec la même glace qui aura ſervi pour le ſoleil, & recevez de même ſur votre main la lumière du feu réunie; elle vous paroîtra preſque auſſi claire que quand le verre n'y eſt pas, mais vous ne ſentirez aucune chaleur: & quand même vous approcheriez le miroir à un pied de diſtance du feu, il ne fera aucun effet ſenſible de chaleur, quoique la lumière réunie ſoit alors plus claire que quand le miroir eſt éloigné de deux ou trois pieds du feu, le verre étant ôté.

On voit auſſi par expérience qu'un grand feu de charbon, dont la couleur eſt rouge, donne moins de clarté pour lire, qu'une chandelle allumée, quoiqu'il donne plus de chaleur que trente ou quarante chandelles. De-là vient apparemment que la lumière très-ſubtile du bois pourri & des vers luiſans, peut agir ſur les yeux, & qu'elle ne fait aucune chaleur à la main, parce que ſon action n'eſt pas aſſez forte pour ébranler les nerfs du toucher.

SECOND DISCOURS,

DES COULEURS CHANGEANTES QUI PAROISSENT SUR LES SURFACES DES CORPS PAR REFRACTION.

EXPÉRIENCES.

QUand le verre a demeuré pluſieurs années dans de la terre humide, il ſe couvre d'une petite pellicule qui fait voir des couleurs ſemblables à celles de l'Arc-en-ciel.

Si

Si on tient une plaque de cuivre assez long-tems sur du feu, il paroît sur la surface supérieure une semblable variété de couleurs; les petites lames de talc en font aussi paroître en quelques endroits quand on les regarde en un certain sens; la pellicule qui se fait au-dessus de l'eau de chaux, fait voir aussi des couleurs changeantes.

Il y a des Physiciens qui attribuent ces effets au peu d'épaisseur des pellicules, & qui soûtiennent qu'il suffit que l'eau, ou l'air, ou le verre, soient très-minces pour y voir des couleurs différentes.

Je demeure bien d'accord que c'est une condition presque nécessaire que quelques-unes de ces matières soient peu épaisses, parce qu'autrement la lumière ne les pourroit pénétrer une seconde fois, ou bien elle y souffriroit plusieurs réfractions contraires qui détruiroient les couleurs: mais tant minces que les corps transparens puissent être, il n'y paroîtra point de ces couleurs changeantes, si leurs surfaces sont paralleles. Dans les endroits où le talc se peut fendre aisément en petites lames dont chacune est également épaisse par-tout, on n'y voit point de couleurs; & on en voit dans les endroits où elles sont inégalement épaisses, & où l'on a de la peine à les séparer.

Pour m'éclaircir sur cette difficulté, j'ai fait faire au Sieur *Habin*, Emailleur, des feuilles ou pellicules de verre beaucoup plus minces & déliées qu'aucune feuille de talc: il les faisoit en soufflant de petites bouteilles de verre fondu, jusques à ce qu'elles se rompissent, & par ce moïen quelques endroits du verre se réduisoient à une épaisseur imperceptible. J'ai regardé plusieurs fois en tous sens ces petites lames de verre; mais ni moi, ni aucun de ceux à qui je les ai fait voir, n'y ont pû appercevoir d'autres couleurs que celles que les objets colorés y faisoient voir par la simple réflexion. D'où je conclus, que les couleurs changeantes que l'on voit sur la nacre de perles, sur le talc, sur l'eau de chaux, ne procédent pas seulement du peu d'épaisseur de leurs pellicules, mais de ce que les surfaces de ces pellicules ne sont pas paralleles, ou de ce qu'il y a des parcelles d'air ou d'autres matières liquides mêlées.

Pour m'assûrer davantage de la vérité de cette hypothèse, j'ai considéré avec grand soin les couleurs qui paroissent dans les bouteilles qu'on fait avec de l'eau mêlée de savon; car ces couleurs étant très-vives, & se changeant en plusieurs façons, on en peut tirer des conséquences pour les autres apparences semblables.

On sçait que le savon est composé d'huile & d'une lessive faite de ces cendres que les *Allemans* appellent *potâches*: on en dissout un peu dans un peu d'eau, & on souffle les bouteilles avec une paille creuse d'une manière qui est fort connue. J'en ai observé plusieurs avec beaucoup d'exactitude: je soufflois ces bouteilles sur la liqueur-même, contenue dans une petite tasse de verre d'environ trois pouces de largeur; elles se formoient en demi sphéres, la concavité du verre leur servant de

baſe; je retirois la paille ſans qu'elles ſe rompiſſent, & je les regardois avec une loupe.

Quand l'eau eſt peu chargée de ſavon, il ne paroît au commencement aucunes couleurs dans les bouteilles, parce que la liqueur étant uniformément melée, les rayons ſe réfléchiſſent ſur la ſurface extérieure & ſur l'intérieure, comme ſi elles étoient d'eau pure ou de verre. Mais peu à peu l'huile & le ſel alcali du ſavon ſont avec l'eau pluſieurs mêlanges & pluſieurs ſeparations différentes; ce qui eſt le plus léger, monte au plus haut de la convexité de la bouteille, & c'eſt en cet endroit que les couleurs commencent à paroître: il s'y forme ſouvent pluſieurs anneaux ou cercles concentriques, dont chacun a trois ou quatre couleurs différentes, ſemblables à celles qu'on voit dans l'arc-en-ciel; mais il y a toûjours beaucoup plus de verd & de rouge que des autres couleurs. J'attribue ces rangs de couleurs à une liqueur graſſe & légére, qui s'éléve au haut de la bouteille, & y fait des rides & des plis ſemblables à ceux qu'on voit dans les petites pellicules qui ſe font au haut de quelques liqueurs, lorſqu'on les ſouffle contre les bords du vaiſſeau qui les contient; on voit auſſi de ſemblables rides au-deſſus de l'eau ſale qui court par les ruës, aux endroits où elle eſt un peu retenue; & par conſéquent chaque ride de cette liqueur légére qui s'éléve au haut de la bouteille de ſavon, a une figure convexe qui doit rompre la lumière qui la pénétre, & lui donner des courbures propres à produire des couleurs différentes.

Si on fait ces bouteilles au ſoleil, on voit ſe mouvoir en ſerpentant comme de petites anguilles, pluſieurs parcelles de la liqueur légére, qui font un mêlange de couleurs confuſes ſemblables à celles du papier marbré, & enſuite l'on voit les anneaux concentriques. Si les matiéres qui font les couleurs ſont un peu agitées par le vent, elles ſe pouſſent l'une l'autre, & les anneaux concentriques ſe confondent; d'où il arrive qu'on voit alors ſucceſſivement du rouge & du verd vers le haut de la bouteille: mais s'il ne fait point de vent, on y voit preſque toûjours des anneaux concentriques; ceux qui ſont les plus proches du centre, ſont les plus étroits, parce que la liqueur légére y eſt plus preſſée.

Quelque peu de tems après que la bouteille eſt faite, on voit parmi les belles couleurs pluſieurs petits ronds noirs qui s'agrandiſſent peu à peu. Ces ronds noirs ſont extrêmement tranſparens, & leur noirceur procéde ſeulement de ce que la lumière ne s'y réfléchit que très-foiblement; car quand on fait les bouteilles dans une chambre, on voit paroître l'éclat des fenêtres par réflexion ſur les belles couleurs; mais on ne voit paroître par réflexion ſur ces ronds tranſparens qu'une très-foible lumière; ce qui fait qu'ils paroiſſent noirs étant comparés à l'éclat qui les environnent. Leur grande tranſparence peut procéder de leur peu d'épaiſſeur, & ils réfléchiſſent peu de lumière, ſoit parce que leur matière

tière ne lui réſiſte pas aſſez, ſoit parce que ſes parties ne ſont pas aſſez ſerrées, & qu'elles laiſſent paſſer preſque toute la lumière par leurs intervalles. Ces ronds noirs, qui ſont quelquefois un peu ovales avec des longues queuës, occupent enfin le haut de la bouteille juſques à huit ou dix lignes de largeur, & ils ſe joignent ſouvent tous enſemble, de même que de petites goutes d'huile miſes ſur de l'eau, ſe joignent pour faire une ſeule goute.

Lorſqu'il ſe fait quelque petite bouteille fort colorée à côté de la grande, & qu'elle vient à ſe rompre, ſes couleurs montent au haut de la grande; ce qui fait voir évidemment que la matière de ces couleurs eſt légére & qu'elle ſurnage la liqueur aqueuſe. La matière des ronds noirs eſt la plus légére.

Quand on fait des bouteilles entières & qu'elles demeurent attachées à la paille, on eſt quelque tems ſans voir des couleurs par le bas, parce que les matières légéres qui font les rides, montent & s'amaſſent vers le haut des bouteilles; mais quand elles ſont prêtes à ſe rompre, il paroît beaucoup de ronds noirs auprès de la paille parmi les anneaux concentriques, qui ont alors de très-belles couleurs, d'azur, de jaune, & de rouge de pourpre.

Je faiſois quelquefois pluſieurs petites demi bouteilles enſemble, qui rempliſſoient entiérement la taſſe où étoit l'eau de ſavon. Il paroît d'aſſez belles couleurs dans ces petites bouteilles. Je voïois au haut de quelques-unes, de petits ronds bleus qui devenoient noirs, puis rouges, & enfin noirs; mais ils étoient alors ſi grands qu'ils occupoient toute la réflexion des fenêtres. Lorſque je ſouffloi doucement contre cette noirceur, une partie ſe ſéparoit, & je voïois dans les intervalles, l'éclat des fenêtres, mais cette matière ſe rejoignoit auſſi-tôt.

Quand j'ouvrois les fenêtres & que je recevois ſur ces petites bouteilles la lumière de quelques nuees fort éclairées, je n'appercevois aucune réflexion ſur les ronds noirs: il n'y avoit que la lumière du ſoleil très-pure qui s'y pût faire voir par réflexion, mais elle y paroiſſoit comme un très-petit point ſans aucun éclat, au lieu qu'elle ébloüiſſoit, quand elle ſe réfléchiſſoit ſur les belles couleurs.

Ces petites bouteilles durent plus long-tems que les autres: bien ſouvent ſur la fin il n'y paroiſſoit plus de couleurs, & les ronds noirs occupoient toute la réflexion des fenetres. D'où l'on peut conjecturer, que la matière qui contribue le plus à faire les couleurs, deviendroit enfin comme celle qui fait les ronds noirs, ſi les bouteilles duroient aſſez long-tems: & parce qu'en ſoufflant contre cette matière tranſparente, j'en détournois une partie, & que dans les intervalles je voïois l'éclat des fenêtres tout blanc par réflexion; il eſt manifeſte qu'il y avoit encore au-deſſous une liqueur aqueuſe.

Pour connoître à peu près les cauſes de toutes ces apparences; conſidérez la figure 44e, en laquelle la ligne courbe ponctuée *a i b* repréſente TAB. XII. Fig 44.

te une partie de la circonférence concave de la bouteille. Les trois demi ronds E, D, C, repréſentent trois rides de la partie graſſe & legére de l'eau de ſavon, au travers deſquelles la lumiére ayant paſſé, ſe réfléchit ſur la ſurface concave *a i b*, & encore une fois à travers ces rides. *f g*, *b l*, *l m*, ſont trois rayons de lumiére rompue dans la ride C. *n o*, *p q*, *r ſ*, ſont trois autres rayons qui ſortent de la ride D. *f g*, *n o*, ſont dans les convexitez des courbures des rayons; & *l m*, *r ſ*, dans les concavitez. Donc, par le 3e. Principe, les rayons *f g* & *n o* ſeront rouges, & *l m* & *r ſ* violets (on ſuppoſe que les derniéres réfractions ne ſont point contraires aux premiéres:) & parce que les rides ſont étroites, il y paroîtra peu de jaune & de bleu, & par cette raiſon la plus grande partie de la lumiére du milieu repréſentée par les rayons *b l*, *p q*, ſera verte, comme le milieu de la lumiére qui paſſe par une petite ouverture dans les priſmes de verre, paroît tout verd à une petite diſtance. On ne voit point ordinairement de violet, parce que le rayon *l m* eſt arrêté par le haut de la ride D, & le rayon *r ſ*, par le haut de la ride E. Il peut encore arriver qu'il ne ſortira point de rayons violets à cauſe de la trop grande obliquité de l'incidence, comme il a été expliqué dans la figure 12e.

Pour mieux entendre comme ſe font les réfractions dans les rides concentriques, & dans les petites parties diverſement figurées qui ſe mettent l'une ſur l'autre dans les bouteilles de ſavon, on pourra faire l'expérience ſuivante:

Etendez de l'huile ſur une pierre platte & polie, & ſoufflez contre cette huile quand il fait un grand froid; vous y verrez paroître des couleurs. Or, on ne peut douter que les petites vapeurs qui ſeront alors ſur l'huile, ne ſoient comme celles qui terniſſent les miroirs, c'eſt-à-dire, de petites goutelettes fort convexes, leſquelles la lumiére peut pénétrer aiſément, & rencontrant l'huile, elle doit s'y réfléchir par la 2e. Suppoſition, & par conſéquent elle fera paroître des couleurs. Si au lieu de ſouffler contre l'huile vous la mettez avec la pierre dans de l'eau contenue en quelque vaiſſeau un peu large, il s'élévera au-deſſus de l'eau de petites parcelles de l'huile, leſquelles étant mêlées parmi l'eau, & y faiſant de petites rides longuettes que vous pourrez aiſément remarquer, elles vous feront paroître des couleurs ſemblables à peu près à celles des bouteilles de ſavon. De-là vous pourrez connoître que les parcelles très-minces d'eau & d'huile, qui prennent toûjours des figures convexes étant mêlées l'une parmi l'autre dans les bouteilles de ſavon, doivent cauſer des réfractions propres à produire des couleurs. Il eſt aiſé de juger que les couleurs doivent être plus belles à la fin de la durée des bouteilles de ſavon qu'au commencement, puiſque l'eau s'évaporant plus facilement que ni l'huile ni les ſels, il y a plus de ſavon à proportion dans la bouteille ſur la fin qu'au commencement; & l'on voit par expérience, que quand il y a peu de ſavon dans l'eau, les couleurs ne paroiſ-

ſent

ſent pas ſi tôt que quand l'eau en eſt fort chargée. On peut croire que les refractions ſont alors un peu differentes de celles qui ſe font dans les priſmes & dans les goutes d'eau pure, & que par cette raiſon la matière peut recevoir des modifications propres à faire paroître de plus belles couleurs; ce qui eſt aſſez vrai-ſemblable, puiſque la partie la plus legére qui fait les ronds noirs, fait faire à la lumière qui tombe deſſus, des réflexions très-différentes de celles qui ſe font ordinairement ſur l'eau, ſur les ſels, & ſur l'huile.

Ces choſes étant bien conçûes, il ne ſera pas difficile d'expliquer les couleurs changeantes qui paroiſſent par des refractions ſur les ſurfaces de quelques corps opaques ou tranſparens. En voici quelques exemples.

Aïez deux glaces plattes de verre bien fin, l'une de trois ou quatre pouces de largeur, & l'autre un peu plus grande; frottez-les avec un linge pour les rendre bien nettes, & après les avoir jointes enſemble, faites les gliſſer pluſieurs fois l'une ſur l'autre en les preſſant un peu: il paroîtra dans peu de tems entre les deux verres des couleurs très-belles & fort ſemblables à celles des bouteilles de ſavon; on y voit des anneaux concentriques, où il y a beaucoup de rouge & de verd, & en quelques-uns un peu de jaune & de bleu.

La plûpart des Sçavans croyent que l'air intercepté entre les deux verres produit ces couleurs quand il eſt réduit à une très-petite épaiſſeur. Mais, il m'a ſemblé après en avoir fait pluſieurs expériences, qu'il y avoit auſſi quelque liqueur mêlée: car comme il y a toûjours des vapeurs dans l'air, & quelques exhalaiſons ſulfurées, il s'en engage entre les verres, en les faiſant gliſſer l'un ſur l'autre; ce qu'on reconnoît en ſéparant les verres, quand les couleurs y paroiſſent, car ils réſiſtent à être ſéparés comme s'ils étoient collés par quelque liqueur; & ſi après les avoir ſéparés vous les eſſuyez doucement avec du linge, comme pour ôter cette liqueur, & que vous les preſſiez enſuite l'un contre l'autre, vous n'y verrez point de couleurs pendant quelque tems; ce qui n'arrive point quand on les léve, & qu'on les remet auſſi-tôt ſans les eſſuyer, car même ſans les preſſer aucunement ou fort peu, on y voit les mêmes couleurs. Ce ſont donc les vapeurs de l'air, & quelques vapeurs ſalines qui ſortent des verres en les frottant, qui font les rides, ou qui rempliſſent avec quelque mélange d'air, celles qui peuvent être dans les ſurfaces des verres. Et on en pourra être perſuadé ſi on met un peu d'eau entre les deux verres: car, après les avoir frottés l'un contre l'autre en les preſſant, juſques à ce qu'il y paroiſſe des couleurs, ſi on fait entiérement gliſſer celui du deſſus, il reſtera des rides d'eau fort viſibles ſur celui du deſſous, dans leſquelles il paroîtra des couleurs; mais ces rides ſe ſéchant les couleurs diſparoîtront. Vous verrez le même effet avec plus de facilité, ſi vous étendez un peu d'eau ſur l'un des verres, & que vous faſſiez couler du lin-

ge deſſus, une ſeule fois, comme pour l'eſſuïer à demi ; car il y demeurera de petites rides d'eau, où il paroîtra des couleurs.

Il y a une apparence aſſez ſurprenante dans les couleurs qui paroiſſent entre ces verres, laquelle on ne peut bien remarquer dans les bouteilles de ſavon; on ne fait l'obſervation en cette manière:

Apres avoir frotté les deux verres aſſez long tems contre du linge, & les avoir fait gliſſer l'un ſur l'autre ſans les preſſer, juſques à ce qu'il y paroiſſe des anneaux concentriques; remarquez vers le centre de ces anneaux la couleur qui y paroîtra en la regardant le plus directement que vous pourrez; hauſſez un peu les verres, ou vous baiſſez pour regarder le même endroit plus obliquement, il paroîtra verd, s'il vous a paru rouge; & ſi vous continuez à hauſſer les verres peu à peu pour les regarder plus obliquement, vous verrez encore pluſieurs fois ce même endroit alternativement rouge & verd. Voici comme j'explique cette apparence:

TAB. XII. Fig. 45. Les deux petits demi cercles *e a* K & *i b n*, dans la figure 45e, repréſentent les courbures de deux petites rides contigues entre les deux verres. Je conſidére ces demi cercles comme des verres taillés à facettes, ſemblables à celui de la figure 31e. Or, ſi ce verre de la figure 31e. avoit les trois ſurfaces A *r*, *r f*, *f c*, au lieu des deux A *b*, *b c*; on verroit outre les deux apparences de l'objet *a f*, en *g h* & *a f*, une autre apparence comme en T, entre *a f* & *g h*: & ſi le point *x* étoit un point lumineux, l'œil étant ſucceſſivement en *g h* & en T, il verroit ce point comme une lumière colorée, ainſi qu'il a été prouvé en la première Partie dans l'explication de la 3e. Apparence; & quand même les facettes ſeroient un peu convexes, elles ne laiſſeroient pas de faire à peu près les mêmes effets, puiſqu'une même goute d'eau A B C, dans la figure 36e, peut faire voir une lumière rouge, venant d'un même point du ſoleil, à un œil ſitué en divers lieux, comme en *δ*, ou en *2*, ou en *d*.

Cela étant, ſoit ſuppoſé qu'il y ait trois facettes différentes, *e*, *a*, K, dans le demi cercle *e a* K, deſquelles ſortent par réfraction les rayons, *e* C verd, *e d* rouge, *a o* verd, *a f* rouge, K V verd, K *r* rouge. Concevez auſſi qu'il y a trois facettes diſpoſées de même dans le demi cercle *i b n*, deſquelles ſortent par réfraction les rayons, *i c* verd, *i* D rouge, *b f* verd, *b* F rouge, *n u* verd, *n* R rouge: il eſt manifeſte, que l'œil étant en R *r*, il verra du rouge, & en ſe baiſſant en *u* V, il verra du verd; qu'étant en F *f* il verra du rouge, & en *f o* du verd, & qu'en continuant de ſe baiſſer, il verra du rouge étant en D *d*, & du verd étant en *c* C; & parce que ces rides ſont petites, les couleurs qu'il verra alternativement, lui paroîtront en un même endroit; il ne verra preſque point d'autres couleurs que du rouge & du verd, par ce qui a été dit en la figure 44e. J'ai obſervé ſouvent, que quand le rayon viſuel raſe à peu près la ſurface du verre ſupérieur, on ne voit que du jaune vers

vers le centre des anneaux concentriques, après qu'on a vû du rouge, l'œil étant un peu plus haut; ce qui procéde de ce que le bleu & le violet ne peuvent ſortir en cet endroit à cauſe de la trop grande obliquité.

On pourra expliquer de même les anneaux colorés qui paroiſſent quand on commence à ſéparer un verre convexe du maſtic où il avoit été colle pour le travailler: car, ſoit qu'il n'y ait alors que de l'air très-raréfié & très-mince, & d'inégales épaiſſeurs entre le maſtic & le verre, ſoit qu'il y ait auſſi quelque liqueur ſortie du verre & du maſtic; il eſt néceſſaire qu'il s'y faſſe des réfractions, comme il s'en fait entre les deux verres plats poſés l'un ſur l'autre.

Celles qui paroiſſent dans la glace, lorſqu'on y fait des félures par quelque coup, viennent à peu près de ſemblables cauſes, puiſqu'il y doit avoir de l'air très-rarefié & très-mince entre pluſieurs ſurfaces de la glace ſéparées par le coup. On peut croire auſſi qu'il ſe fait dans la glace briſée de petits priſmes irréguliers, propres à faire paroître des couleurs.

Les couleurs changeantes de la nacre de perles procédent des petites ondes ou rides de leurs lames qui ſont couchées irrégulièrement les unes ſur les autres: on voit diſtinctement ces rides par le moyen des microſcopes.

Les couleurs du tale ont du rapport à celles de la glace briſée, & l'on voit avec le microſcope paroître des couleurs dans les endroits où il y a de petites lames diverſement inclinées & ſéparées les unes des autres, comme par des félures; ce qu'on diſcerne aiſément par les réflexions, en tournant un peu le microſcope pour recevoir la lumière en différentes façons.

Quand on fait des raies avec un couteau ſur de l'argent ou ſur de l'étain, on y voit des couleurs changeantes: elles procédent de pluſieurs petites rides que le couteau fait, leſquelles on voit aſſez diſtinctement par le moïen d'un microſcope. On voit auſſi ſur les bords coupés des parties anguleuſes, leſquelles, de même que les rides, ſont tranſparentes à cauſe de leur peu d'épaiſſeur, & ainſi elles peuvent faire des réfractions comme les priſmes de verre, ou comme les petites rides d'eau.

Si l'on râtiſſe avec un couteau du plomb ou du fer pour les rendre luiſants, & qu'on y faſſe réfléchir la lumière du ſoleil; cette lumière réfléchie étant reçûe ſur du papier mis en un lieu obſcur, y ſera paroître pluſieurs couleurs à cauſe de pluſieurs petites rides comme des fillons que le couteau y fait: on diſtingue ces rides avec le microſcope, & elles ſont rendues tranſparentes, parce que la craſſe & les autres ſaletez en ſont ôtées, & qu'elles ſont très-minces.

Je ne parle point ici des couleurs changeantes qu'on voit dans de l'eau où l'on a fait tremper du bois néphrétique, ni de celles qu'on voit dans

dans les plumes du col d'un pigeon, parce qu'elles ne ſe font pas ſelon les régles des réfractions.

TROISIÈME DISCOURS,

DES COULEURS FIXES ET PERMANENTES.

CEs couleurs ne ſe font point par des réfractions comme les couleurs changeantes, mais par le paſſage direct de la lumière à travers de certains corps, ſoit en les traverſant entiérement, ſoit en ſe réfléchiſſant ſur quelques-unes de leurs parties internes après avoir un peu pénétré les ſuperficielles: on peut le prouver par pluſieurs expériences.

Quand un rayon ſolide du ſoleil paſſe à travers un verre plat, coloré de rouge ou de bleu, il continue à s'étendre en lignes droites, comme ſi le verre étoit ſans couleur; car, ſi on le reçoit ſur du papier blanc, il fera ſa projection de même figure & grandeur que ſi le verre étoit ôté. Or, ſi les parties qui font les couleurs étoient comme de petits priſmes ou de petits cylindres, ils écarteroient les diverſes parties de la lumière qui auroit paſſé à travers; ce qui eſt contre l'expérience.

Si on expoſe au ſoleil un verre convexe coloré, il réunira ſes rayons dans ſon foyer de même que s'il étoit ſans couleur: ajoûtez à cela que le bleu ne peut ſortir par réfraction, que le jaune & le rouge ne ſortent auſſi, puiſque leurs réfractions ſont moins grandes que celles qui font le bleu; d'où il arriveroit que l'œil changeant un peu de ſituation, verroit du jaune & du rouge après avoir vû du bleu; ce qu'on ne remarque point, puiſqu'on peut ſe mettre en pluſieurs lieux différens, ſans qu'un verre bleu ou une étoffe teinte en bleu, faſſe paroître d'autres couleurs que du bleu. Que ſi l'on veut ſoûtenir qu'il s'y fait des réfractions, il faut croire qu'elles ſe redreſſent l'une l'autre, & que toutes enſemble font le même effet ſenſiblement, que ſi la lumière paſſoit ſelon des lignes droites. A l'égard des verres colorés ou de l'eau colorée, on demeure d'accord qu'il s'y fait des réfractions comme dans l'eau pure ou dans les verres ſans couleur; mais ces réfractions ſont indépendantes des couleurs réelles: & ſi on faiſoit un priſme d'un verre rouge ou bleu, il ne laiſſeroit pas de faire des couleurs d'iris; mais elles ſeroient mêlées de la couleur du verre.

La blancheur eſt la plus vive de toutes les couleurs, parce qu'elle ſe fait par une forte réflexion de la lumière ſur les ſurfaces de certains corps; ce qui ſe prouve par pluſieurs raiſons & expériences. La lumière du ſoleil ſe réfléchiſſant ſur la ſurface convexe d'une goute d'eau, s'écarte beaucoup plus que quand elle ſe réfléchit ſur une ſurface platte polie, & l'œil étant placé ſucceſſivement en pluſieurs lieux, verra ſucceſſivement en pluſieurs endroits de cette ſurface l'image du ſoleil comme un petit rond tout blanc; cela eſt facile à démontrer par les régles

de

de l'Optique: la même choſe arrivera dans un petit miroir convexe. Or, s'il y a pluſieurs petits miroirs convexes qui ſe touchent, on verra en chacun un petit éclat de blancheur; & s'ils ſont petits comme des grains de ſable, on ne pourra diſtinguer les petits intervalles obſcurs qui ſeront entre les points blancs, parce que les fibres de la choroïde qui reçoivent ces petits intervalles, ſont agitées & ébranlees par celles où tombent les rayons réfléchis qui font paroître les petits ronds de lumière; & par cette raiſon, ces petits ronds paroiſſent plus grands qu'ils ne ſont, & donnent tous enſemble l'apparence d'une ſurface blanche continue, ſi on en eſt médiocrement éloigné.

On n'y voit point de couleurs, parce que la réflexion ſur une ſurface polie convexe ou concave, ne donne point d'autres modifications à la lumière que de l'écarter ou de la condenſer; ce qui eſt aiſé à obſerver dans la lumière réfléchie par des miroirs ſphériques, convexes ou concaves.

De-là il s'enſuit que les vapeurs ou petites parcelles d'eau qui compoſent les nuées, les petites parcelles de la neige, la pouſſière de verre & la glace briſée en petites parcelles, doivent faire paroître de loin une blancheur continue. Ceux qui ſont ſur de hautes montagnes quand le ſoleil luit, voïent les nuées qui ſont au-deſſous d'eux entre deux valons, auſſi blanches que la neige.

On peut encore juger que le papier & le linge ont une infinité de petites éminences convexes, & que chacune de ces éminences doit faire paroître un petit éclat de blancheur, & toutes enſemble une blancheur continue.

On tirera les mêmes conſéquences pour tous les corps qui paroiſſent blancs.

Le noir eſt plus oppoſé à la blancheur que les autres couleurs.

Les corps paroiſſent noirs quand leurs ſurfaces ne réfléchiſſent point de lumière, ou qu'ils en réfléchiſſent très-peu.

Coupez quelques-unes des lettres majuſcules d'une feuille imprimée, en ſorte qu'il y ait des ouvertures vuides au lieu des lettres; elles vous paroîtront plus noires que les autres lettres, pourvû qu'il n'y ait rien de blanc qu'on puiſſe voir à travers ces ouvertures.

Si l'on frotte avec de l'huile une partie des quarrez de papier d'un chaſſis, ceux qui ſeront frottés, paroîtront à ceux qui ſeront dans la chambre, beaucoup plus blancs que les autres, à cauſe qu'il y entre beaucoup plus de lumière; mais ils paroîtront comme noirs à ceux qui ſeront dehors, parce qu'il ſe réfléchira beaucoup moins de lumière ſur l'huile que ſur les petites éminences du papier, qui ſont la blancheur. C'eſt par la même raiſon que les cuirs blancs, étant frottés d'huile ou de graiſſe, deviennent noirs.

De-là il s'enſuit que les corps noirs doivent s'échauffer davantage au ſoleil que les corps blancs, puiſqu'il doit entrer plus de chaleur dans

les corps où il entre plus de lumière.

Les fumées terreſtres & groſſières qui ſortent des corps qui brûlent ou qui ſont fort échauffés, ſont noires, & noirciſſent les corps où elles s'attachent.

Pour expliquer cet effet, on peut prendre pour hypothèſe, que les atomes ou petites parcelles des fumées ſont comme de petites pyramides longuettes & fort pointues; ce qu'on peut conjecturer par la douleur que les yeux en ſouffrent; & par conſéquent, un amas de ces petites parcelles doit paroître très-noir, à cauſe qu'il ne peut renvoïer au dehors par réflexion que très-peu de lumière; ce qui ſe prouve ainſi:

TAB. XII. Fig. 46. ABC, dans la figure 46e, repréſente une des parcelles qui compoſent le noir de fumée. DE eſt un rayon tombant ſur la ſurface repréſentée par la ligne AB; il ſe rompra comme en EF, & parce que ſon incidence ſur AC ſera trop oblique, il ſe réfléchira entièrement en G; l'incidence du rayon FG ſur AB ſera encore trop oblique, & il s'y réfléchira entièrement; & paſſant enfin au travers BC en HI, il rencontrera d'autres parcelles ſemblables, où il s'embaraſſera de même. Il arrivera la même choſe aux autres rayons qui tomberont ſur les autres parcelles, & ainſi il ne paſſera point de lumière viſible au-delà de cette matière, qui la rendra très-opaque. Sa première réflexion ſera très-foible, parce qu'elle ne rencontrera que des pointes & non des ſurfaces convexes comme celles qui font la blancheur; le reſte paſſera dans les intervalles & ne reviendra point aux yeux. La matière des ronds noirs qui paroiſſent dans les bouteilles de ſavon, peut avoir quelque rapport à celle du noir de fumée, ſoit que celle des ronds noirs ait auſſi des pointes, ou que l'une & l'autre aient une moleſſe qui l'empêche de repouſſer fortement la lumière. Mais, quelles que ſoient les véritables cauſes de la noirceur dans ces deux matières, il eſt très-certain que les fumées groſſières & terreſtres, comme celles qui viennent de la flamme du bois ou des graiſſes allumées, ſont noires & noirciſſent.

De-là il s'enſuit que le charbon doit être noir, parce que la fumée du bois s'y attache. Ce n'eſt pas à cauſe de ſes pores qu'il eſt noir, quoiqu'ils contribuent à la noirceur; puiſque la cendre blanche qui reſte deſſus, quand il eſt preſque tout brûlé, eſt beaucoup plus poreuſe; & par conſéquent les pores ne ſont pas la ſeule cauſe de la noirceur.

Quand on fait brûler des os fort blancs, la fumée qui en ſort & qui s'y attache en partie, les rend noirs; mais ſi on les tient dans le feu juſques à ce que toute la graiſſe ſoit évaporée, ils demeureront blancs après qu'ils ſeront éteints.

On pourra expliquer de même la noirceur qui paroît dans les autres corps.

Si on ſuppoſe que la couleur eſt une lumière modifiée, on ne doit mettre ni le blanc ni le noir au rang des couleurs; puiſque le noir eſt

un

un défaut ou une foibleſſe de lumière, & le blanc, une lumière réfléchie ſans modification. Les Teinturiers ne mettent pas le blanc entre les couleurs ; d'où vient qu'ils diſent teindre les laines & les mettre en couleur.

Le rouge, le jaune, & les autres couleurs qui procédent de la lumière diverſement modifiée, paroiſſe dans les corps dont les ſurfaces réfléchiſſent moins de lumière que celles qui ſont la blancheur, & en réfléchiſſent plus que celles qui ſont la noirceur.

Il y a deux ordres différens dans les couleurs pour paſſer du blanc au noir. L'un de ces ordres eſt, le blanc, le jaune, le rouge, le noir ; & l'autre, le blanc, le bleu, le violet & le noir. Les priſmes de verre font paroître ces deux ordres dans les réfractions ; car lorſqu'il y a du blanc au milieu de la lumière rompue, on voit du côté de ſa convexité du jaune & du rouge, & du côté de la concavité, du bleu & du violet, comme il a été expliqué dans la première Partie de ce Traité.

Le plus & le moins d'une liqueur colorée fait de ſemblables changemens. Le tourneſol diſſous dans un peu d'eau paroît noir dans une épaiſſeur de trois ou quatre lignes, étant mis ſur du papier blanc ; il paroît violet dans une épaiſſeur d'une ligne ; il paroît bleu dans une épaiſſeur d'une demi ligne, & ſans couleur dans une très-petite épaiſſeur. Il y a auſſi des liqueurs qui paroiſſent noires dans une grande épaiſſeur, rouges dans une médiocre, jaunes dans une de trois ou de quatre lignes, & ſans couleur dans une très-petite.

Les deux principes différens que les Chymiſtes appellent l'Acide & l'Alcali, dont il a été parlé dans le premier Eſſai, font voir auſſi ces deux ordres. L'Acide fait devenir rouges, le noir, le bleu, & le violet ; il change le rouge en jaune, & le jaune en jaune très-pâle : au contraire, l'Alcali change ordinairement le rouge en violet ou en rouge de pourpre, & le jaune en feuille morte. On en donnera pluſieurs exemples dans la ſuite.

Les Chymiſtes croïent que le ſoufre eſt le ſeul principe des couleurs. Mais il eſt évident que celles de l'arc-en-ciel & celles que les priſmes de verre font paroître, ne ſont produites par aucun ſoufre ; & à l'égard des couleurs fixes, il eſt très-vrai-ſemblable qu'elles viennent des mélanges différens des différens principes des mixtes, & non du ſoufre ſeul, puiſque la lumière peut auſſi-bien ſe modifier en paſſant par les ſels & par les terres, qu'en paſſant par le ſoufre.

On peut croire qu'il y a des couleurs primitives dans quelques corps ſimples, comme du bleu dans l'air ; du jaune ou du rouge dans quelques terres, comme l'ochre, les bols, & l'argille : le ſable & les cendres, qui ſont des matières fort terreſtres, étant fondus enſemble prennent une couleur qui tire ſur le verd : il ſemble qu'il y ait du verd dans l'eau, & on peut le remarquer quand elle a beaucoup de profondeur, particulièremen. ſous un pont ou ſous quelque grand bateau, où l'on ne

voit point par réflexion le bleu de l'air. On voit auſſi du verd dans l'eau de la mer.

Je compare ce qui fait les couleurs fixes dans les mixtes à cette matiere délicate & impalpable qui paroît ſur les raiſins, ſur les prunes, & ſur quelques autres fruits quand ils ſont meurs; & qu'on ne voit plus quand on a paſſé la main par-deſſus. Cette matière peut être mêlée parmi les parties ſolides des corps, ſans changer ou altérer leurs configurations, & on peut auſſi l'en tirer ſans changer le tiſſu de leurs parties ſolides.

Les Chymiſtes en ſont voir pluſieurs expériences; & c'eſt une de leurs plus belles opérations de tirer la teinture des mixtes par le moïen de certaines liqueurs qu'ils appellent des diſſolvans ou des menſtruës, comme l'eau commune, l'eſprit de vin, les eaux fortes, &c.

Il y a des couleurs ou teintures qui ſont très-fixes, comme la teinture jaune de l'or, la teinture bleue du lapis laſuli; car quoiqu'on mette l'or en fuſion, & qu'on faſſe rougir le ſapis laſuli dans un très-grand feu, la beauté de leurs couleurs ne diminue point, & il eſt impoſſible ou très-difficile de les tirer par les diſſolvans ordinaires. Mais la plûpart des autres couleurs ſe tirent & s'évaporent aſſez facilement.

Le corail rouge, étant mis auprès d'un feu médiocre, laiſſe évaporer toute ſa teinture rouge en peu de tems; & étant mis en poudre dans du jus de citron, il devient dans un jour ou deux blanc comme de la neige. J'ai vû des pierres aſſez groſſes, de la couleur des amethyſtes, leſquelles étant miſes dans le feu, perdoient leur couleur en moins d'une heure.

Faites bouillir du bois de Breſil dans pluſieurs eaux, la plûpart de ſa teinture rouge y paſſera ſans que ſes fibres ni la fermeté de ſes parties en reçoivent aucun changement ſenſible; & les eaux qui en ſeront teintes, étant expoſées quelque tems à l'air ſe jauniront & perdront la vivacité de leur couleur rouge, par l'évaporation de leurs parties les plus ſubtiles.

Je conçois donc que la matière qui fait les couleurs en chaque corps, eſt mêlée parmi ſes parties fermes & ſolides; qu'elle eſt tranſparente, & que la lumière l'aiant un peu pénétrée, rencontre les parties ſolides où elle ſe réfléchit, & paſſant une ſeconde fois à travers cette matière, elle porte aux yeux une couleur ſelon les modifications qu'elle a reçûes par ce double paſſage.

Si le corps coloré eſt tranſparent, la lumière qui le traverſe s'y modifie de même, & porte au-delà l'apparence de la couleur.

On peut faire paſſer cette matière dans pluſieurs corps de ſuite. Les Plumaſſiers tirent la couleur des laines teintes en écarlatte, & la font paſſer dans leurs plumes ſans qu'elle ſouffre aucun déchet ſenſible de beauté.

Les couleurs qu'on tire facilement & qui s'evaporent facilement, ré-

çoi-

çoivent plusieurs changemens, à cause que quelques-uns des principes qui composent leur matière, se dissipent ou qu'ils se désunissent un peu les uns des autres; car il faut très-peu de différence dans l'union ou dans la séparation des principes, pour faire une grande diversité dans les couleurs.

Il y a beaucoup de fleurs qui dans une seule feuille ont des couleurs très-différentes qui se touchent immédiatement, quoique chaque feuille soit nourrie d'une même sève.

Il est vrai-semblable que cette différence procéde de ce que quelques-unes de leurs fibres ont des pores plus petits que ceux des autres fibres, & qu'ils ne laissent point passer quelques-uns des principes les plus grossiers de la matière des couleurs; ou bien qu'étant diversement figurés, ils leur donnent de nouvelles configurations.

Lorsqu'on filtre du vin fort rouge, il perd presque toute sa couleur: d'où il s'ensuit, qu'il y a plusieurs parcelles qui font sa rougeur, dont les plus grossières ne peuvent passer par les pores du papier gris ou des autres corps qui peuvent servir à filtrer les liqueurs.

Quand on regarde du sang à travers les microscopes qui grossissent beaucoup, on y remarque de petites boulettes rouges qui nagent dans une liqueur aqueuse: or, si en filtrant le sang ces boulettes ne passent point, il n'y demeurera point de couleur.

La diversité des couleurs qu'on voit dans les poils des animaux à quatre pieds, & dans les plumes des oiseaux, peut procéder de semblables causes.

Le porc-épy a chacun de ses aiguillons distingués alternativement de blanc & de noir par le dehors; car le dedans est tout blanc. Il est donc nécessaire que le même suc qui dans un endroit de l'aiguillon fait du blanc, y soit disposé d'une autre sorte que dans l'endroit où il fait du noir, par la différence des pores des fibres où ce suc se filtre.

La beccasse de l'*Amérique* a toutes les plumes de ses aîles d'un rouge très-vif, à la reserve des trois premières, qui ont leurs extrémitez très-noires de la longueur d'environ un pouce; le noir joint immédiatement le rouge, & cependant c'est la même liqueur qui passe par les tuyaux de ces plumes pour les nourrir, & elle ne peut pas recevoir un changement considérable dans un espace imperceptible: il reste donc qu'il se fasse quelque filtration différente dans l'endroit où commence le noir, par des pores différens qui s'y rencontrent.

A l'égard des changemens de couleurs qui se font par les Acides & par les Alcali, voici quelques expériences que j'en ai faites.

Si l'on verse dans la solution bleue du tournesol, un peu d'esprit de sel ou de quelque autre esprit acide ou même du jus de citron, elle deviendra d'un beau rouge; & si on y verse ensuite du sel lixiviel des plantes brûlées, ou de l'huile de tartre, ou de l'esprit de sel armoniac, qui sont des alcali, elle reprendra une couleur bleue ou violette.

Il faut ici remarquer que les rouges que font les différens acides dans la ſolution du tourneſol, ſont plus ou moins éloignés du bleu: car quand l'acide eſt foible, le rouge qu'il fait étant affoibli par beaucoup d'eau, reprend une couleur bleue; mais ſi l'acide eſt fort comme celui de l'eſprit de ſel, le rouge qu'il fait, tire ſur l'orangé ou ſur la couleur de feu, & étant affoibli par beaucoup d'eau, il devient jaune & ne retourne plus au bleu, ſi on n'y remet des alcali. Si on mêle quelque alcali avec le ſuc bleu des violettes, il deviendra verd, & ſi on y met enſuite quelque acide, il deviendra rouge. Si l'on verſe quelque acide dans la décoction de bois de Breſil, laquelle eſt fort rouge, elle deviendra jaune; & ſi au lieu d'acide on y met de l'huile de tartre ou un autre alcali, elle deviendra de couleur de pourpre. Si l'on mêle dans la décoction de gaude qui eſt jaune, de l'eſprit de vitriol, ou de l'eſprit de ſel ou du jus de citron, elle perdra preſque toute ſa couleur; mais ſi au lieu d'un acide on y met de l'eſprit d'urine ou de ſel armoniac, elle prendra une couleur obſcure comme de feuille morte.

J'attribue les effets des acides à la ténuïté de leurs parties, qui ont la vertu de diſſoudre les corps; & les effets des alcali à leur vertu de précipiter ce qui eſt diſſous, en ſe joignant aux acides. Ces principes différens peuvent faire pour les couleurs des effets ſemblables & proportionnés à ceux qu'ils font ſur les métaux. On ſçait que les eſprits de ſalpêtre & de vitriol diſſolvent l'argent en ſorte qu'il devient inviſible, & que ſi on y mêle enſuite de l'huile de tartre, elle ſe joint à ces eſprits, & leur fait quitter l'argent qu'ils tenoient diſſous, & par ce moïen ſes parcelles imperceptibles ſe raſſemblent, & ſe joignant pluſieurs enſemble, elles deviennent peſantes & tombent au fond du vaiſſeau. Il n'eſt donc pas difficile de croire qu'un peu d'eſprit de vitriol ou de ſalpêtre puiſſe diſſoudre la matière des couleurs en des parcelles ſi petites qu'elles deviennent inviſibles, & qu'en y mêlant enſuite des alcali, qui ſe joignent incontinent aux acides, les parcelles ſe raſſemblent & faſſent paroître leur couleur. Les Chymiſtes appellent cette action des alcali, précipitation, ſoit que les matières aillent promptement au fond de la liqueur, ſoit qu'elles ſe raſſemblent ſeulement en ceſſant d'être diſſoutes, comme font beaucoup de matières, du moins leurs parties les plus légéres. Vous pourrez faire les expériences ſuivantes pour vous aſſûrer de la diſſolution des couleurs par les acides, & de leur précipitation par les alcali.

Mettez un morceau de bois d'Inde ou de Breſil dans du jus de citron, & le retirez après l'y avoir laiſſé trois ou quatre heures, le jus de citron demeurera auſſi clair qu'auparavant; verſez-y trois ou quatre goutes d'huile de tartre, vous verrez auſſi-tôt une belle couleur rouge. L'eſprit de vin & l'urine récente font de ſemblables diſſolutions en tirant la teinture de ces bois par quelque acide ſubtil qu'ils ont, & ils la laiſſent auſſi précipiter & paroître dès qu'on y a mêlé de l'huile de tar-

tartre: mais ſi l'urine a été gardée deux ou trois jours, ſes eſprits acides ſe diſſipent, & elle fait le même effet que l'eau commune, en tirant ſeulement la teinture ſans la diſſoudre.

Mêlez de l'eſprit d'alun dans l'encre faite avec du vitriol & de la décoction de noix de galle, elle deviendra ſans couleur comme de l'eau pure; verſez-y enſuite de la ſoude ou un autre alcali, elle reprendra ſa noirceur. Pour connoître les cauſes de ces effets, mettez de la limaille de fer dans du vinaigre, juſques à ce qu'il y paroiſſe de la rouille; melez-y de la poudre de noix de galle, il ſe fera du noir. Or, ſi l'on ſuppoſe que le vitriol dont on ſe ſert pour faire de l'encre, contient quelque matière ferrugineuſe qu'il tient diſſoute par ſon eſprit acide, & qu'elle puiſſe ſe précipiter par la noix de galle, il ſe fera du noir par leur mêlange.

Il doit donc arriver que l'eſprit d'alun ou quelque autre acide verſé ſur ce noir, diſſoudra de nouveau la matière ferrugineuſe & la fera diſparoître, & que la ſoude ou la chaux ou quelque autre alcali la fera précipiter une ſeconde fois & fera paroître ſa noirceur.

De-là on voit la raiſon pourquoi le jus de citron ôte les taches d'encre du linge.

Il y a des teintures qui ſe diſſipent & s'évaporent entièrement en même tems qu'elles ſont tirées par les acides.

Le jus de citron tire la teinture du corail & le fait venir blanc, mais il la fait évaporer en même tems, en ſorte que ſi vous y mettez de l'huile de tartre, elle ne fera paroître aucune couleur.

Il faut remarquer qu'il y a de certaines matières colorées ſur leſquelles les acides différens n'agiſſent pas de même. L'eſprit de vitriol & le jus de citron font perdre la couleur jaune à la décoction de la gaude; mais l'eſprit de ſalpetre y fait un effet à peu près ſemblable à celui qu'y fait l'eſprit d'urine, qui eſt de la rendre de couleur de feuille morte: & au contraire, l'eſprit de vitriol ne fait point perdre la couleur jaune au ſaffran diſſous dans l'eau commune, & l'eſprit de ſalpêtre la lui ôte. L'eſprit de vitriol ne change pas le bleu de l'Inde; mais l'eſprit de ſalpêtre le lui ôte preſque entièrement.

Les alcali ne font pas auſſi toûjours de ſemblables changemens ſur des couleurs ſemblables. La teinture bleue de l'iris & des violettes devient verte par les alcali, & le bleu du tournéſol demeure bleu; l'eſprit d'alun rougit le tournéſol, & ne rougit point le bleu de l'Inde, Et ainſi la régle des acides & des alcali ſouffre quelques exceptions par des cauſes inconnues qui ſont dans les corps, leſquelles empechent leurs effets ordinaires.

On peut expliquer le changement de la teinture bleue des violettes & de l'iris en verd par les alcali, en faiſant remarquer que la couleur de ces fleurs paſſe immédiatement du verd de la plante au violet, par quelques filtrations qui changent fort peu la diſpoſition de la ſéve: d'où

d'où vient que ſi on mêle de l'eau dans ces ſucs, elle paroît bleue au commencement; mais cinq ou ſix heures après, ce bleu ſe change de lui-même en verd.

On ſçait auſſi que l'huile de tartre a la vertu de jaunir; car ſi on en mêle dans du ſublimé diſſous en eau commune, elle le précipite en jaune rougeâtre; & les ſels lixiviels des plantes brûlées donnent une couleur jaune à l'eau, auſſi-bien qu'au ſublimé. Il eſt donc aiſé de juger, que le jaune des ſels lixiviels, qui ſont apparemment un mélange de ſel & de terre, mêlé avec le bleu de ces fleurs, lequel a déja une diſpoſition à reprendre la couleur verte, le fait devenir verd en un inſtant; ce qui n'arrive pas au bleu du tourneſol, parce qu'il ne provient pas du ſuc d'une fleur, mais de la graine d'une plante.

L'alun ne change pas beaucoup les couleurs, il les éclaircit ſeulement par ſon acide; mais il a une propriété merveilleuſe pour les conſerver, & en empêcher l'évaporation. Si vous mêlez un peu d'alun pulveriſé dans de l'eau mêlée avec du ſuc de violettes, elle demeurera bleue & ne ſe changera point en verd, & même, ſi elle étoit déja verte, elle reprendra ſa couleur bleue.

Mettez de la décoction de bois d'Inde qui eſt fort rouge, dans deux petites bouteilles, & mêlez dans l'une un peu de poudre d'alun; celle-ci deviendra d'un très-beau rouge clair qu'elle conſervera, & l'autre deviendra jaunâtre dans moins d'un jour, quoique les deux bouteilles ſoient fermées de même; & ſi vous laiſſez à l'air une partie de cette décoction, elle deviendra noire comme de l'encre, dans le même eſpace de tems.

J'ai fait les mêmes experiences dans des décoctions jaunes, comme celles de la gaude, du bois appellé *Fuſtel*, & de la racine appellée *Terra merita*; & j'ai trouvé qu'un peu d'alun éclairciſſoit leur jaune & en conſervoit la beauté, & que ſi on n'y mêloit rien, elles devenoient blancheâtres dans deux ou trois jours.

Il eſt vrai-ſemblable que l'alun fait ces effets par ſa ſtipticité ou vertu aſtringente, & qu'il lie la matière délicate des couleurs & l'empêche de s'évaporer; ce qu'on peut croire aiſément, puiſque la colle fait un ſemblable effet par ſa viſcoſité.

Faites bouiller du bois de Breſil avec de la colle de peaux; le rouge en ſera très-beau, & ſe conſervera pluſieurs années ſans aucun changement; au lieu qu'étant bouilli avec de l'eau ſeule, il devient jaunâtre & ſans couleur dans un jour ou deux, étant expoſé à l'air.

Par la même raiſon les fleurs conſervent long-tems leurs couleurs, ſi on empêche l'évaporation de leurs parties ſubtiles.

Tenez les feuilles d'une tulippe variée dans un livre fermé, elles conſerveront fort long-tems leurs belles couleurs.

De toutes les expériences que j'ai rapportées dans ce troiſième Diſcours, & de pluſieurs autres que j'ai faites avec beaucoup d'exactitude, j'ai

j'ai tiré quelques régles générales, dont on pourra ſe ſervir pour expliquer aſſez bien les couleurs fixes.

Mais parce qu'il y a quelquefois des régles générales ou loix de la nature qui empêchent les effets les unes des autres; lorſqu'on trouvera quelque effet différent des effets ordinaires, il faudra chercher quelques autres régles qu'on puiſſe appliquer à cet effet, car alors il dépendra de deux ou trois cauſes, & on tâchera de l'expliquer par deux ou trois régles.

RÉGLES GÉNÉRALES
POUR LES COULEURS FIXES.

PREMIÈRE RÉGLE.

LEs couleurs fixes nous paroiſſent, lorſque la lumière aiant paſſé par la matière qui fait ces couleurs, vient enſuite à nos yeux avec aſſez de force.

APPLICATION.

LEs couleurs des vitres des égliſes paroiſſent très-belles & très-vives à ceux qui les regardent du dedans au dehors; mais elles paroiſſent très-foibles à ceux qui les regardent par le dehors.

Ces effets procédent de ce qu'il paſſe beaucoup de la lumière forte qui vient du dehors, au travers des vitres où elle ſe colore, & qu'il en paſſe très-peu du dedans au dehors. La réflexion qui ſe fait de la lumière du dehors, qui a paſſé juſques à la ſeconde ſurface du verre coloré, eſt auſſi très-foible, & elle s'affoiblit encore en repaſſant par l'épaiſſeur du verre & par la rencontre de l'autre ſurface; & ainſi les couleurs paroiſſent très-peu en ce ſens, & on a même de la peine à les bien diſtinguer les unes des autres.

Les rubis, les émeraudes, & les autres pierres précieuſes qui ont de la couleur, la font paroître bien plus fortement par réflexion, que les verres de même couleur, parce que la proportion de la réfraction eſt plus grande dans les pierres précieuſes, que dans le verre. Or, ſi on ſuppoſe que cette proportion ſoit comme de 5 à 3 dans le rubis, on trouvera par le calcul, que le rayon le plus oblique qui pourra paſſer du dedans d'un rubis dans l'air, fera un angle d'incidence de 36^{d}, 53′; & que ſi cet angle eſt de 36^{d}, 54′, le rayon ſe réfléchira entièrement comme il le fait dans le verre, quand cet angle eſt de 41^{d}, 49′, ſelon la 3e. Suppoſition de la 1re. Partie.

On peut donc tailler un rubis d'une manière que la plûpart des rayons qui y entreront, ſe réfléchiront entiérement ſur les ſecondes ſurfaces, & prendront une vivacité de couleurs par le double paſſage qu'ils feront à travers la matière colorée; ce qui n'arrivera pas à un verre coloré taillé de même, parce que ſa réfraction étant moins forte, il laiſſera paſſer beaucoup plus de rayons.

C'eſt par cette raiſon qu'on met des feuilles d'argent bruni, teintes d'un beau rouge, au-deſſous des rubis, afin de faire repaſſer vers les yeux le reſte de la lumière qui les a traverſés.

On ſera un effet tout contraire, ſi on fait toucher les ſecondes ſurfaces d'un rubis à de l'eau miſe dans un ſceau ou dans un vaiſſeau dont le fond n'ait point d'éclat; car alors la vivacité de la couleur s'effacera preſque entiérement.

La cauſe de cet effet eſt que la proportion de la réfraction du rubis à l'eau eſt fort petite, & eſt comme de 5 à 4; ce qui fait que la plûpart de la lumière paſſe de la pierre dans l'eau & ne revient point aux yeux.

On verra de ſemblables effets dans les émeraudes & dans les ſaphirs; & ils ſeront encore plus ſenſibles dans les verres colorés, parce que la proportion de la refraction du verre à l'eau n'eſt que de 9 à 8.

Que ſi on met des feuilles ſous les verres colorés comme ſous les pierres précieuſes, ils pourront paroître avec autant d'éclat, ſi leur couleur eſt auſſi belle, à cauſe que la lumière colorée repaſſera toute entière auſſi-bien à travers le verre qu'à travers la pierre.

Si on met de la teinture bleue ou rouge de l'épaiſſeur de deux ou trois lignes ſur du papier blanc, elle paroîtra noire, parce que la lumière qui ſe ſera affoiblie en traverſant les parcelles de la matière de la couleur dans cette épaiſſeur juſques au papier, ne pourra etre aſſez forte après s'y etre réfléchie pour les traverſer une ſeconde fois, & par cette raiſon la liqueur paroîtra noire; mais ſi ſon épaiſſeur n'eſt que d'une demi ligne ou d'un quart de ligne, la lumière s'affoiblira fort peu par les deux paſſages, & portera aux yeux la couleur avec un bel éclat.

La même choſe arrive aux laines, aux ſoies, & aux plumes teintes, parce que les premières ſurfaces de leurs petites fibres qui réfléchiſſent la lumière, ne ſont couvertes que d'une très-petite épaiſſeur de la matière colorée.

Lorſqu'on regarde le ſoleil à travers une fumée épaiſſe, il paroît rouge; mais ſi on regarde cette fumée de près, aiant le dos tourné au ſoleil, & qu'il y ait un fond obſcur au-delà, elle paroîtra bleue: j'attribue cet effet à une foible réflexion de la lumière qui ſe fait ſur quelques parcelles de la fumée, après en avoir traverſé quelques-unes; & cela ſe doit faire à peu près de même que quand la lumière tombe ſur un mélange de noir de fumée & de blanc de plomb, puiſqu'elle paſſe auſſi par une très-petite épaiſſeur de noir, avant que de ſe réfléchir ſur le blanc,

blanc, & que paſſant une ſeconde fois à travers cette petite épaiſſeur noire, elle s'affoiblit en ſorte qu'elle paroît bleue.

On peut expliquer par les mêmes raiſons, le bleu qui paroît dans la matière délicate qui eſt ſur les raiſins meurs.

Le bleu de l'air peut procéder d'une ſemblable cauſe à peu près, mais la lumière doit traverſer un très-grand eſpace d'air, pour faire paroître cette couleur, à cauſe de la ténuïté des parties qui la produiſent.

Le bleu qui paroît dans l'eau où l'on a mis tremper du bois néphrétique, vient encore d'une ſemblable cauſe. On y voit ordinairement trois ſortes de couleurs; le jaune, le rouge, & le bleu. Le jaune ou le rouge eſt la véritable couleur de cette eau: car ſi on en emplit une phiole de trois ou quatre pouces de diamétre, & qu'on regarde un objet fort éclairé à travers le col de la bouteille, l'eau qui y ſera, paroîtra jaune, & le rouge paroîtra dans les endroits ou il y aura beaucoup d'épaiſſeur de cette eau. Mais il y a une autre matière délicate qui fait le même effet que la fumée, c'eſt-à-dire, que la lumière l'aiant un peu pénétrée, & ſe réfléchiſſant ſur quelques parcelles intérieures, elle porte aux yeux une couleur bleue, pourvu qu'il y ait un fond obſcur au-delà de la bouteille; car ce bleu eſt ſi foible, que ſi on met quelque petit corps blanc dans le milieu de l'eau, la réflexion qui s'y fera, ſera jaune ou rouge ſelon le plus ou le moins d'épaiſſeur de l'eau qu'elle traverſera, & elle effacera entièrement le bleu en cet endroit; mais ſi peu que vous mettiez de cette liqueur ſur un verre plat, elle fera paroître du bleu ſi on voit de l'ombre au-delà, & ce bleu ſera très-beau ſi le ſoleil luit deſſus immédiatement.

Pour faire concevoir que cette matière qui fait le bleu, eſt très-délicate, mettez cinq ou ſix goutes d'eſprit d'alun ou de quelque autre acide, ſur un peu de cette eau de bois néphrétique; on n'y verra plus de bleu, mais ſeulement du jaune ou du rouge, parce que la matière du bois néphrétique qui fait ces couleurs, eſt plus difficile à diſſoudre que celle qui fait le bleu: mais ſi vous mettez enſuite dans la même eau un peu de ſoude ou d'huile de tartre ou de quelque autre alcali, la couleur bleue ceſſera d'être diſſoute, & ſe verra comme auparavant.

On y voit du verd en de certaines poſitions des yeux & de la lumière par le melange des rayons qui portent le bleu & le jaune.

Les couleurs différentes de verd & de rouge de pourpre qu'on voit alternativement dans les plumes du col d'un pigeon, peuvent être obſervées avec un bon microſcope, qui fera voir, que chaque petit fil de chaque plume tranſverſale eſt compoſé de pluſieurs petits quarrez alternativement rouges & verds, & qu'il s'y peut faire un même effet que dans les taffetas changeans.

La pierre appellée *Gyraſole* fait voir les mêmes couleurs que le bois néphrétique: car ſi on regarde un objet fort éclairé à travers cette pierre, on verra du jaune ou du rouge ſelon l'épaiſſeur de la pierre;

mais ſi on la tourne du côté d'un fond obſcur, on verra paroître du bleu vers la ſurface la plus proche de l'œil, ſi elle eſt ſuffiſamment éclairée.

Si on met de l'eau dans le fond d'un verre, & qu'aiant mis de l'huile de chénevis au-deſſus de cette eau ſans les meler, on reçoive un petit rayon ſolide du ſoleil ſur cette huile dans un lieu obſcur; la partie du rayon qui ſera dans l'huile, paroîtra rouge comme du corail, & même ce qui s'en réfléchira par la rencontre de l'eau, paroîtra auſſi très-rouge; mais ce qui paſſera outre dans l'eau, n'aura plus de couleur.

On peut expliquer cette rougeur, en conſidérant ce rayon ſolide comme le petit corps blanc qu'on met dans la phiole pleine d'eau néphrétique: car ſi on ſuppoſe qu'il y a dans l'huile de chénevis une matière qui a du rapport à celle qui fait le rouge dans cette eau, il s'enſuivra que le rayon paroîtra rouge, étant vû à travers l'épaiſſeur de l'huile.

On ne verra point de rougeur dans l'eau qui eſt au-deſſous de l'huile, parce que le rayon n'y trouve point de parcelles opaques pour le faire réfléchir.

Un ſemblable rayon paroît jaune dans l'huile d'olive & dans celle de navette.

II. RÉGLE.

LEs ſucs de toutes les fleurs bleues & violettes deviennent verds par les Alcali, & prennent un beau rouge par les Acides.

APPLICATION.

Aïez des fleurs d'iris, dont le violet ſoit fort enfoncé; pilez-les après en avoir ôté ce qu'il y a de jaune, & en tirez le ſuc; mettez-y un peu de chaux vive; il deviendra verd en un moment: ce verd eſt très-beau, & on s'en ſert pour peindre en miniature.

Pour le conſerver long-tems il y faut mettre trois ou quatre fois autant d'alun que de chaux, & le faire ſeicher au ſoleil.

Si on ne met que de l'alun dans ce ſuc d'iris, il ſera d'un beau bleu qu'il conſervera long-tems; mais enfin il prendra une couleur de verd brun.

Si au lieu de chaux ou de quelque autre alcali, on y met un eſprit acide, ce ſuc deviendra rouge.

J'ai vû de ſemblables effets dans les ſucs de violettes & de pluſieurs autres fleurs tant bleues que violettes.

Que ſi on verſe alternativement ſur ces ſucs, des acides & des alcali, on verra alternativement du rouge & du verd; mais il ſe fera une grande effervescence à chaque changement.

Les

Les fleurs rouges tirant ſur la couleur de pourpre font voir de ſemblables changemens à peu près.

Mais celles qui ont une couleur de feu, ne deviennent point vertes par les alcali.

Si on fait bouillir des roſes ou des peaunes dans de l'eau commune, la décoction n'aura aucune couleur rouge, & ſera preſque comme de l'eau pure; mais ſi on y méle un peu d'acide, elle prendra un très-beau rouge.

Les oeillets rouges-bruns, bouillis de même, donnent une teinture de couleur noirâtre, & les feuilles deviennent vertes; ce qui eſt une marque que la matière de la couleur rouge s'introduit dans le verd de la fleur & l'efface. L'eſprit de vitriol donne un très-beau rouge à cette teinture.

Ces dernières liqueurs, étant mélées avec de l'huile de tartre, deviennent verdâtres.

Les fleurs de grenade bouillies donnent une teinture de rouge très-foible; l'eſprit de vitriol lui donne une couleur tirant ſur l'orangé; mais les alcali lui donnent une couleur de feuille morte.

Les teintures des pavots des champs & des fleurs appellées croix-de-jéruſalem, font voir de ſemblables effets à peu près.

La plûpart de ces décoctions, étant à l'air, laiſſent évaporer dans peu de jours leur teinture rouge diſſoute; car ſi on met de l'eſprit de vitriol dans la décoction des roſes, aprés l'avoir gardée quelque tems à l'air, il ne la rougit plus.

Les bleus qui ſe font de quelques graines, comme le tourneſol, rougiſſent par les acides; mais ils ne verdiſſent point par les alcali, & ils reprennent ſeulement leur couleur naturelle.

L'urine récente & l'eau de vie rougiſſent le tourneſol; d'où l'on peut juger que ces matières ont un eſprit acide: celui de l'urine s'évapore bien-tôt, car elle ne rougit plus le tourneſol, aprés avoir été gardée ſeulement un jour.

Les bleus qui viennent des herbes, comme celui du paſtel, ne changent point par les alcali, ni par la plûpart des acides.

III. RÉGLE.

Les teintures des bois rouges, comme le bois d'Inde & le bois de Breſil, deviennent jaunes par les Acides, & de couleur violette par les Alcali; mais les teintures des plantes jannes, comme la Gaude, le bois de Fuſtel, la racine appellée Terra merita, deviennent plus enfoncées par les Alcali, & perdent preſque toute leur couleur par les Acides.

APPLICATION.

METtez du bois d'Inde dans l'urine récente, elle tirera ſa teinture rouge, mais elle la diſſoudra en même tems par ſon acide, en ſorte qu'on ne verra que de jaune. Melez-y de l'huile de tartre ou de la ſoude, la teinture paroîtra, mais elle prendra une couleur violette; & ſi on y méle beaucoup d'eau, la teinture deviendra bleue.

Verſez du jus de citron, ou du vinaigre diſtilé, dans la décoction du bois de Breſil, elle deviendra jaune; mettez-y enſuite de l'huile de tartre, ce jaune ſe changera en violet.

Les eſprits de ſel & de vitriol, l'urine, & l'aigre de ſoufre, ôtent la couleur à la teinture de gaude; les eſprits d'urine & de ſel armoniac la font devenir de couleur de feuille morte.

L'alun éclaircit les couleurs des bois & des fruits par ſon acide, & les empêche de s'évaporer par ſa ſtipticité & vertu aſtringente.

La toile de ſoie étant devenue jaune ſe blanchit par la fumée de ſoufre; cet effet procéde de ſon eſprit acide, & non de ſa matière inflammable.

IV. RÉGLE.

LEs végétations qui ſe font dans les lieux expoſés au grand air, ſont vertes; & celles qui ſe font dans les lieux ſoûterrains, ou ſous quelques couvertures opaques, ſont blanches, ou jaunes.

APPLICATION.

METtez une pierre de taille ou quelque morceau de bois ſous une goutière, il s'y fera une végétation verte, un peu après la pluie; mais lorſque le bois ſe moiſit dans une cave, cette moiſiſſeure, qui eſt auſſi une eſpéce de végétation, comme on le reconnoît par les microſcopes, eſt jaunâtre.

Quand le blé germe, ce qui eſt dans la terre eſt blanc ou jaune, & ce qui eſt plus haut dans le grand air, eſt verd, ce qui touche la terre eſt ſouvent d'un rouge jaunâtre avant que d'être verd.

Si on couvre des plants de melon qui commencent à ſortir de terre, avec des pots d'une matière opaque, ils demeureront jaunâtres, & les premières feuilles ne groſſiront que fort peu; mais ſi on les laiſſe à l'air, ils deviendront verds dans moins d'un jour, & leurs premières feuilles s'élargiront.

Ce dernier effet ſe verra de même, ſi on les couvre d'une cloche de verre tranſparent, encore qu'ils n'aient aucune communication avec le grand air, pourvû que le ſoleil les éclaire. Les cauſes de ces effets dif-

différens ſont, les deux lobes de leurs graines étant blancs d'eux-mêmes, ils ne peuvent devenir verts, s'ils ne reçoivent beaucoup d'eau dans leurs fibres. Or quand le ſoleil les éclaire, il les fait croître, & il y monte beaucoup d'eau de la racine; & l'eau étant verte d'elle-même, & ſe rendant opaque par un peu de mélange de la matière de ces lobes, elle fait paroître un beau verd. Mais quand ces lobes ſont à l'ombre, ils attirent peu d'eau & conſervent leur blancheur, ou bien ils deviennent ſeulement un peu jaunâtres.

Le jaune du germe du blé dans la terre ſe peut expliquer de même.

Si l'on couvre des chicorées vertes ou des laituës avec un pot de terre, elles deviendront jaunes; & ſi on les lie, leurs feuilles intérieures qui ſont à couvert du ſoleil, deviendront blanches ou jaunes. Mais ſi on les découvre, elles reprendront leur verd peu à peu.

On peut croire que ce n'eſt pas aſſez qu'il y ait une très-grande quantité d'eau dans les plantes naiſſantes, pour les faire paroître vertes: mais qu'il eſt encore néceſſaire que la lumière du ſoleil donne pour cet effet quelque diſpoſition particulière à quelques parties des principes qui s'y mêlent avec l'eau; que cette diſpoſition ſe change, quand les plantes ne ſont plus éclairées par le ſoleil; & qu'elle n'y eſt pas encore, quand elles commencent d'être expoſées à ſa lumière.

V. RÉGLE.

IL y a beaucoup de matières jaunes ou obſcures qui ſe blanchiſſent lorſqu'on les mouille & qu'on les fait ſeicher au Soleil alternativement; & ſi étant blanches elles ſont long-tems à l'air ſans être mouillées, elles deviennent jaunes.

APPLICATION.

FAites fondre de la cire jaune & la réduiſez en petites lames, & les étendez ſur de l'herbe au matin, pour y recevoir la roſée; mouillez-les auſſi deux ou trois fois par jour, elles deviendront très-blanches en moins de 15 jours.

Les cheveux blonds deviennent blancs par ce moïen, & les noirs deviennent jaunes.

Les toiles crues jaunâtres ſe blanchiſſent de même.

L'eau fait ces effets, parce qu'elle diſſout un peu les teintures groſſières qui font le jaune, & les enléve avec elle en s'évaporant. Elle diſpoſe auſſi quelques petites pareelles intérieures, en ſe mélant avec elles, à faire de petites éminences à la ſurface de ces corps, leſquelles y font paroître de la blancheur par la réflexion de la lumière.

Que ſi vous mettez de la toile blanche à l'air ſans la mouiller, ces petites éminences ſe détruiront par l'évaporation de l'eau; & la toile jaunira.

Met-

Mettez auſſi une feuille de papier blanc à moitié dans un livre fermé; ce qui ſera à l'air, deviendra jaune en peu de tems, & ce qui ſera caché, conſervera ſa blancheur.

Les tiges des blés & de beaucoup d'autres plantes deviennent jaunes en Eté par les matières terreſtres & ſalines que l'eau y a amaſſées pendant le tems de la végétation; & ce jaune paroît bien, quand la racine ne pouſſe plus d'eau dans la tige, & qu'une grande partie de celle qui y étoit, eſt évaporée.

Les feuilles des arbres deviennent jaunes par la même raiſon, quand elles ne reçoivent plus l'eau de la ſéve.

Les melons, les concombres, les poires, les pommes & beaucoup d'autres fruits, deviennent jaunes quand ils ſont ſur le point d'être meurs; car alors les pores de leurs queuës, par où ils ſe ſont nourris, ſe ferment, & il n'y paſſe plus d'eau pour ſuccéder à celle qui s'évapore.

Les cheveux deviennent blancs en la vieilleſſe, parce que leurs fibres ſont blanches d'elles-mêmes, & que la liqueur qui leur donne la couleur blonde ou la noire, ne peut plus paſſer entre les pores de ces fibres.

La fleur de chévre-feuil eſt d'un rouge de pourpre dans ſon calice, & les feuilles ſont blanches: mais quand elle ſe ſeiche, tout en devient jaune; ſçavoir la blancheur de la fleur, par les mêmes cauſes qui font que le papier blanc ſe jaunit à l'air; & le rouge du calice, par l'évaporation des plus ſubtiles parties qui font ſa rougeur.

VI. RÉGLE.

Les matières terreſtres & ſulfurées deviennent rouges par une grande chaleur, & quelques-unes deviennent enfin noires.

APPLICATION.

La plûpart des terres dont on fait la brique deviennent rouges dans un grand feu: & ſi on met de la brique au foyer du grand miroir de la Bibliothéque du Roi, l'endroit où la lumière ſera réunie, bouillira par le mouvement des fumées groſſières qui en ſortent, & cet endroit étant refroidi, ſe trouvera vitrifié en émail noir; il paroît dans ce noir un mélange de verd, qui peut venir de quelques grains imperceptibles de ſable, qui ſont mêlés dans la terre.

Le bol rouge, la ſanguine, l'ardoiſe, la pierre ponce, prennent une couleur noire, ſi on les expoſe de même au foyer de ce grand miroir.

Le ſucre mis auprès du feu rougit quand il commence à ſe fondre, & devient noir peu à peu.

Le ſoufre & le mercure, mêlés enſemble, & pouſſés au feu juſques

ques à ſe ſublimer, font un beau rouge qu'on appelle cinabre artificiel.

Le cinabre minéral ſe fait par les mêmes matières, lorſqu'elles demeurent long-tems en digeſtion dans les mines, à une médiocre chaleur.

Si on remue du plomb fondu avec quelque inſtrument de fer juſques à ce qu'il ſoit réduit en poudre, & qu'on mette cette poudre à un grand feu de reverbére, elle deviendra rouge; c'eſt ce qu'on appelle du *Minium*.

Les écreviſſes ont une teinture noiraître; elle devient rouge à un feu médiocre: mais ſi on les approche d'un grand feu, les fumées qui ſortent de leur matière terreſtre & ſulfurée, les fait devenir noires.

Le papier blanc étant approché du feu devient jaune par les premiéres fumées & par l'évaporation des parties aqueuſes; il devient rougeâtre enſuite, & enfin noir un peu avant que le feu s'y mette. Par les mêmes raiſons l'yvoire étant mis proche d'un grand feu devient ſucceſſivement jaune, rouge, & noir; ce noir ſert pour la peinture.

Le vitriol a une terre qui devient rouge par un très-grand feu.

Si on ſerre une petite verge de fer dans un étau entre deux petites plaques de bois pour la limer; le frémiſſement que ſes parties recevront lorſqu'on la limera vers une de ſes extrémitez, l'échauffera, & elle changera de couleur à proportion que la chaleur s'augmentera. On verra dans ce fer en l'endroit limé du jaune de paille, puis du jaune doré, & enfin du bleu mêlé de quelque peu de rouge; les fumées qui en ſortent par la chaleur, lui donnent ces couleurs différentes: mais ſi on le met rougir dans le feu, il ſera noir quand il ſera refroidi.

Les pommes & les poires rougiſſent par la chaleur dans les endroits qui ſont les plus éclairés du ſoleil.

Par la même raiſon on voit beaucoup de fleurs rouges en Eté; mais les premiéres fleurs du Printems ſont la plûpart bleues ou violettes.

REMARQUE.

CEs ſix Régles générales pourront ſervir pour expliquer beaucoup d'autres effets touchant les couleurs, & même on pourra en appliquer quelques unes à l'art de Teinture, & à l'art de colorer le verre. En voici quelques exemples:

On ſe ſert de l'alun dans la teinture des laines, des ſoies, & des plumes, non-ſeulement parce qu'il fait pénétrer les couleurs, mais parce qu'il les rend plus belles, & qu'il les conſerve, ſuivant ce qui a été dit en la troiſiéme Régle.

Faites bouillir de la cochenille dans de l'eau: mettez dans la moitié de la teinture rouge qui en ſortira, un peu d'alun en poudre, & ne mettez rien dans l'autre moitié; cette derniére ſera noirâtre & ſans aucune beauté dans deux jours, & l'autre ſera d'une belle couleur de roſe tirant

rant un peu ſur le violet, qu'elle conſervera très-long-tems. La même choſe arrive à la graine d'écarlatte.

La graine d'écarlatte eſt un petit fruit rouge qui vient ſur un arbriſſeau appellé *Kermes*, & la cochenille eſt un petit inſecte des Indes, lequel eſt griſâtre quand il eſt ſec.

Pour avoir une belle écarlatte, on mêle avec la cochenille ou avec la graine d'écarlatte quelques acides & même de l'eau forte pour donner de la vivacité à leurs couleurs rouges, & leur ôter le violet.

C'eſt par cette raiſon que pour teindre en écarlatte on ſe ſert d'une chaudière d'étain & non de cuivre, parce que l'eau forte tireroit une couleur bleue du cuivre.

On ſe ſert de paſtel dans le noir, à cauſe que ſa couleur bleue ne reçoit point de changement par les acides, ni par les alcali.

On n'emploïe point de bois de Breſil dans les bonnes teintures, parce que ſon rouge s'évapore facilement, & que les acides le changent en jaune.

Si on verſe de l'urine, ou du jus de citron, ou de l'eſprit de vitriol, ſur du ruban verd, il devient bleu; ce changement vient de ce que le verd étant compoſé du jaune de la gaude, & du bleu de l'Inde, ces acides ôtent la couleur à la gaude, ſuivant la troiſième Régle, & ne font rien ſur le bleu de l'Inde, & par conſéquent il ne doit reſter que le bleu.

J'ai vû changer en un moment une plume verte en couleur de feuille morte, en la trempant dans de l'eau forte où il y avoit beaucoup d'eſprit de ſalpêtre; je jugeai que ce changement procédoit de ce que cet eſprit acide détruit le bleu de l'Inde, & change le jaune de la gaude en feuille morte, comme il a été dit.

Il y a beaucoup de précautions à obſerver dans les teintures; & pour en faire voir les difficultez, je rapporterai ici la manière de teindre les plumes en incarnadin d'Eſpagne, dont j'ai vû le détail.

Les Plumaſſiers ſe ſervent pour cette teinture d'une fleur jaunâtre qu'on appelle du ſaffran bâtard.

On met une certaine quantité de cette fleur toute ſéche dans un ſac: on la fait laver huit ou dix heures durant dans une eau courante pour en ôter la teinture jaune; & on ceſſe de la laver quand on voit paroître ſa teinture rouge, qui eſt la plus belle & la plus fixe. On preſſe enſuite le ſac avec les fleurs, & on retire le marc, qu'on met dans une baſſine: on y mêle de la ſoude d'alicant, ſçavoir deux onces de ſoude pour deux livres de ſaffran: on les frotte & on les mêle enſemble juſques à ce que toute la couleur ſoit obſcure & noirâtre; ce qui arrive à cauſe que la ſoude eſt un alcali: on jette de l'eau un peu plus que tiéde dans la baſſine en quantité ſuffiſante, & on délaïe bien tout le ſaffran & la ſoude. On jette enſuite le tout dans une chauſſe pour le paſſer, & on preſſe la chauſſe juſques à ce que le ſaffran ſoit preſque ſec.

Cet-

Cette dernière eau, qu'on reçoit dans une baſſine ou cuvette, n'eſt point d'une belle couleur. Enfin on la fait un peu chauffer, & on y mêle une chopine de jus de citron en remuant avec un bâton; alors l'acide de ce jus lui donne une belle & vive couleur d'incarnadin d'Eſpagne: on y trempe les plumes deux ou trois fois, & on prépare encore un ſemblable bain pour les y tremper pluſieurs fois, afin qu'elles aient une ſuffiſante épaiſſeur de teinture; ſi on laiſſoit refroidir le bain avant que d'y mettre les plumes, la teinture jauniroit.

A l'égard des couleurs qu'on donne au verre, on les tire des métaux & de quelques autres ſubſtances capables de ſoûtenir la violence du feu.

Le beau verre ſe fait avec de la ſoude de Levant & du ſable blanc. Il y a des ſables meilleurs les uns que les autres. On y mêle un peu de manganèze pour ôter la couleur verdâtre de la ſoude & du ſable fondus enſemble.

La manganèze eſt un minéral qui étant préparé par la calcination eſt comme une poudre noirâtre. J'ai obſervé que ſi on en met un peu dans un verre à boire avec de l'eau, il ſe fait d'abord du verd; & que ſi on y met davantage d'eau, le verd dure encore, mais il ſe change incontinent en rouge tirant ſur le violet: ce rouge ſe conſerve quelques jours ſi on y mêle un peu d'alun; mais ſi on y mêle un peu d'eau de vie, il devient jaune en moins de deux heures, & peu de tems après l'eau s'éclaircit, & la manganèze ſe précipite au fond du verre en poudre jaune; j'en ai vû ſe précipiter de même en moins de trois heures ſans y avoir rien mêlé.

Ce minéral fait auſſi de différens effets étant mêlé avec le verre.

Si on en met beaucoup dans le padelin, c'eſt-à-dire, dans le pot où l'on fait fondre la matière du verre, le verre ſera d'un rouge de pourpre: ſi on y en met médiocrement & qu'on l'y laiſſe aſſez long-tems, le deſſus de la matière fondue ſera un peu rougeâtre, le milieu ſera clair & ſans couleur, & le fond ſera d'un verd jaunâtre.

On peut croire que la matière de la manganèze qui ſe précipite en poudre jaune au fond de l'eau, eſt celle qui tombe vers le fond du padelin, & y fait la couleur jaunâtre; que la matière rouge qui s'évapore dans l'eau, s'envole auſſi du verre, & emporte avec ſoi la couleur verdâtre de la ſoude & du ſable; & que la foible teinte de rouge qui demeure dans la matière qui eſt au haut du padelin, y eſt retenue par la viſcoſité du verre, qui ne la laiſſe évaporer entièrement qu'après beaucoup de tems. Le verre qui a cette foible teinte de rouge, eſt très-propre pour faire les verres objectifs des lunettes d'approche.

On donne la couleur violette au verre, en y mêlant du ſaphre avec de la manganèze.

Le ſaphre eſt un minéral griſâtre, qui étant préparé par la calcination devient bleu.

On fait le verre verd avec le cuivre calciné & la rouille de fer: on dit que la meilleure eſt celle qu'on tire des ancres qui ont été long-tems dans la Mer.

On donne auſſi une belle couleur verte au verre, en y mêlant du minium ou chaux rouge de plomb, & du cuivre calciné.

On fait le verre jaune avec de la rouille de fer; l'argent calciné ſert auſſi à lui donner cette couleur, étant mêlé avec d'autres matières.

Le Sieur *Hubin* m'a dit avoir obſervé, que ſi on met de la limaille d'épingles ou de cuivre jaune dans le padelin avec le verre fondu, elle le fait devenir rouge; qu'elle le fait devenir verd, ſi on la fait calciner ſept ou huit jours durant, avant que de l'y mettre; & qu'elle lui donne un beau bleu, ſi on l'a tenue en calcination pendant trois ſemaines ou un mois.

On donne un beau bleu d'aigue-marine au verre, en y mêlant du cuivre rouge calciné pluſieurs fois, & y ajoûtant un peu de ſaphre calciné.

J'ai obſervé qu'aiant tenu une piéce de cuivre rouge aſſez long-tems au foyer du grand miroir brûlant de la Bibliothéque du Roi, le milieu qui avoit été fondu, étoit noirâtre: mais il y avoit un petit endroit à côté de ce noir, qui étoit d'un fort beau rouge; d'où j'ai jugé, que le cuivre peut ſervir à donner une couleur rouge au verre.

Le beau rouge-clair ne ſe peut faire ſans quelque mélange d'or, à ce que diſent les Jouailliers & les Orfévres; mais ils en cachent le ſecret.

M. *Trocut*, ſçavant Médecin & très-expert dans les opérations de la Chymie, m'a fait voir du verre tranſparent & ſans couleur qu'il diſoit être imprégné d'une teinture d'or. Il en fit mettre en ma preſence un petit morceau au feu de la lampe d'un Emailleur, où il devient en peu de tems d'un beau rouge tranſparent, aiant un éclat de rubis. Il en mit auſſi un petit morceau au foyer du grand miroir concave de la Bibliothéque du Roi; il s'y fondit bien-tôt & il s'en fit une goute ronde qui tomba: il y paroiſſoit en quelques endroits du rouge tranſparent; ce qui fit juger qu'elle ſeroit devenue entiérement rouge, ſi elle fut demeurée plus long-tems expoſée à cette grande chaleur.

On pourroit s'étonner de ce que les métaux, qui ſont des corps très-opaques, donnent au verre des couleurs tranſparentes.

Pour réſoudre cette difficulté, il faut conſidérer que ces matières ſont fort diſcontinuées dans le verre, & que les épaiſſeurs de leurs parcelles ſont ſi petites, qu'elles ne peuvent empêcher qu'une partie de la lumière ne les traverſe. Ainſi l'argent diſſous en de très-petites parcelles dans de l'eau forte, n'empêche pas que toute la liqueur ne ſoit tranſparente.

Les couleurs que les métaux donnent au verre, & même toutes les autres couleurs n'ont qu'une médiocre tranſparence; de-là vient que le verre coloré paroît noir quand il eſt très-épais. Dans les belles vitres an-

anciennes, les verres rouges n'ont de la couleur que jusques à environ le tiers de leur épaisseur, afin que la lumière les puisse pénétrer plus facilement.

M. *Trocut* m'a fait voir une petite pierre de cristal de roche taillée à huit pans dans toute laquelle il paroît une fort belle couleur de rubis d'Orient, quoique la couleur rouge qu'il y a appliquée par le dessous, soit d'une épaisseur imperceptible, le trenchant des vives arêtes des degrez & facettes n'en étant point altéré. Cette pierre qui en elle-même est toute blanche, étant mise dans un chaton avec une feuille dessous de la même couleur, ressemble parfaitement au plus beau rubis d'Orient qu'on puisse trouver.

De-là on voit manifestement qu'un seul passage de la lumière à travers une très-petite épaisseur de matière colorée, suffit pour faire paroître d'assez belles couleurs, & qu'elles sont plus fortes & plus belles, si l'épaisseur est médiocre, ou si l'épaisseur étant très-petite, la lumière la traverse plusieurs fois.

QUATRIÈME DISCOURS,

DES APPARENCES DES COULEURS QUI PROCÉDENT DES MODIFICATIONS INTERNES DES ORGANES DE LA VISION.

LOrsque pendant la nuit on serre les yeux assez long-tems, on apperçoit plusieurs couleurs différentes, car le pressement des nerfs de la choroïde y fait quelques modifications, & quelles que puissent être les modifications de ces nerfs, elles donnent des apparences de couleurs ou de lumières: & même sans serrer les yeux, on voit souvent pendant la nuit, en les tenant fermés, quelques foibles apparences blancheâtres ou colorées, & non un noir parfait.

Il y a beaucoup de personnes qui voïent quelquefois, aiant les yeux fermés, une clarté brillante comme un éclair qui dure environ un demi quart d'heure. Elle peut venir d'une humeur acre qui picote quelque endroit des nerfs qui servent à la vision, soit dans la choroïde, soit dans la conduite du nerf optique: si l'on ouvre alors les yeux, il paroît du noir vers l'endroit où l'on voit l'éclair aiant les yeux fermés: si on veut lire, on ne peut discerner la plûpart des lettres; mais on ne peut lire en aucune sorte, quand on voit cette apparence vers le lieu qu'on regarde directement. Il est impossible de sçavoir dans lequel des yeux est ce défaut; car encore qu'on les ferme alternativement, le même défaut de vision paroît toûjours, parce que cette apparence est si forte, qu'elle détruit celle des objets, que l'autre œil devroit appercevoir.

Cette apparence de lumière prend ſur la fin des couleurs, & même elle change de place & diminue de grandeur.

Lorſqu'on a regardé des nuées fort éclairées, ou qu'on a lû long-tems dans un livre au ſoleil, les yeux s'éblouïſſent, en ſorte qu'en regardant un objet médiocrement illuminé, on ne le voit pas bien.

Cet ébloüiſſement dure aſſez long-tems.

Si on ferme alors les yeux ou qu'on regarde du noir, il paroît du verd; mais ſi on regarde du blanc, il paroît rouge, en ſorte qu'en regardant des fleurs blanches, on peut croire qu'elles ſont rouges.

Ces couleurs ſe changent peu à peu en s'affoibliſſant, & on voit quelquefois ſur la fin du verd bordé de rouge, en tenant les yeux fermés: ſi on regarde alors un grand objet blanc médiocrement illuminé, on y voit du rouge bordé de verd; c'eſt-à-dire, que le verd de l'impreſſion reſtée, joint au blanc de l'impreſſion preſente, fait paroître du rouge, & que réciproquement le rouge de l'impreſſion reſtée joint au blanc de l'impreſſion preſente, fait paroître du verd. Ces apparences durent aſſez long-tems, & on les peut obſerver à loiſir.

Si en marchant vous regardez le ſoleil à demi caché ſous l'horiſon. ſon image tombera en pluſieurs endroits ſur la choroïde à cauſe du mouvement; & ſi enſuite vous regardez ailleurs, vous verrez trois ou quatre petites obſcuritez, & en fermant les yeux il vous paroîtra trois ou quatre demi-ſoleils; mais ſi en peu de tems vous avez regardé le ſoleil deux ou trois fois, vous verrez ſept ou huit de ces demi-ſoleils, dont quelques-uns ſeront blancs, & les autres verds ou rouges &c. Ces différentes couleurs procédent de l'affoibliſſement ſucceſſif des impreſſions.

Si on a regardé pendant dix ou douze ſecondes, la lumière du ſoleil réünie par un verre convexe ſur du papier blanc; le grand éclat du petit rond blanc qui eſt au foyer au milieu de l'ombre que fait le verre, & le médiocre éclat du reſte du papier éclairé par le ſoleil, continuent long-tems leurs impreſſions dans les organes de la viſion; & ſi on regarde alors quelque paroi blanche, médiocrement éclairée, on y verra un rond blanc, & un petit rond obſcur au milieu. Cette apparence ſe fait, parce que l'endroit de la choroïde, où la lumière du ſoleil réünie a fait une forte impreſſion, ne peut être touchée par une clarté foible preſente, ni même tout l'eſpace qui a reçû l'impreſſion du papier blanc éclairé par le ſoleil. Mais l'eſpace rond où a été reçûe la peinture de l'ombre du verre convexe, recevra l'impreſſion toute entière de l'objet preſent, parce qu'il ne lui reſte point d'impreſſion ſenſible de la partie du papier qui étoit à l'ombre.

Si vous fermez & ouvrez les yeux l'un après l'autre alternativement, les objets ne vous paroîtront pas toûjours préciſément de la même couleur, parce qu'il eſt preſque impoſſible que les deux yeux ſoient toûjours également expoſés aux objets, & il en reſte un peu plus d'impreſſion dans l'un des yeux que dans l'autre; ce qui doit faire paroî-

tre

tre de la différence, à l'égard de la couleur, dans un même objet qu'on regarde enſuite par l'un ou l'autre des yeux alternativement.

De-là on peut juger que les couleurs ne paroiſſent pas préciſément de même à tous ceux qui les regardent.

Il y a une apparence ſurprenante que beaucoup de perſonnes m'ont dite avec admiration ſans en ſçavoir les cauſes.

Cette apparence eſt, que ſi on regarde le matin, en ouvrant les yeux, un chaſſis fort éclairé, ſans que le ſoleil y luiſe immédiatement, & qu'on ſe couvre les yeux enſuite après les voir fermés; on voit quelquefois l'apparence du chaſſis comme on l'a vûe, c'eſt-à-dire, que les quarrez paroiſſent blancs, & que les traverſes de bois paroiſſent obſcures; & d'autrefois on voit le contraire, ſçavoir que les traverſes paroiſſent blanches & les quarrez obſcurs. Et il arrive preſque toûjours que ſi en continuant de tenir les yeux fermés, on les tourne une ſeconde fois du côté du chaſſis, les apparences des traverſes ſont blanches, & celles des quarrez ſont noires.

Voici comment j'explique ces apparences.

Si vous regardez tout à coup un chaſſis fort éclairé, & que vous refermiez bien-tôt vos yeux, en les tournant vers un lieu fort obſcur; l'impreſſion de ce que vous aurez vû, continuera quelque tems, & par cette raiſon il vous paroîtra des quarrez blancs & des traverſes noires: mais peu à peu les parties de la choroïde qui ont reçû l'impreſſion des quarrez éclairés, communiqueront leurs mouvemens aux parties contigues qui ont reçû la peinture des traverſes de bois, & les aiant enfin entierement ébranlées à cauſe de leur peu de largeur, elles leur donneront une impreſſion ſuffiſante pour faire paroître de la blancheur, en ſorte que toute l'apparence du chaſſis ſera blanche. Mais ſi tenant toûjours les yeux fermés, vous les tournez vers le chaſſis, ou vers quelque autre lieu fort éclairé; la lumière qui paſſera alors à travers vos paupières, ſera aſſez forte pour faire impreſſion ſur les endroits de la choroïde où s'eſt faite la peinture des traverſes du chaſſis, mais elle ſera trop foible pour faire une impreſſion ſenſible ſur les endroits qui ont reçû la lumière des quarrez; & par conſéquent leurs apparences paroîtront obſcures, & celles des traverſes paroîtront blanches, étant aiſé de juger que les impreſſions que les parties ébranlées par la lumière des quarrez blancs ont communiquées aux petites parties qui ont reçû la peinture des traverſes noires, ſont bien plus foibles que celles qu'elles ont reçûes elles-mêmes par la lumière immédiate: cette lumière qui paſſe à travers les paupières, peut auſſi agir ſur les endroits de la choroïde qui ſont à côté de ceux, où le chaſſis a été peint, & ainſi on verra par-tout une apparence de blancheur, à la réſerve des quarrez qui paroîtront noirs.

Que ſi on regarde plus long-tems le même chaſſis, comme pendant quinze ou vingt ſecondes, fixant toûjours la vûë en un même point à peu

peu près; on verra d'abord, en fermant & couvrant les yeux, une apparence de traverſes blanches, & de quarrez d'un rouge obſcur, parce que la continuation de la vûë de la forte lumière des quarrez émouſſe le ſentiment des parties de la choroïde où ils ſont peints, & ébranle médiocrement les parties contigues où ſont peintes les traverſes, d'où il arrive que l'on voit d'abord des traverſes blanches & des quarrez d'un rouge obſcur; & ſi enſuite on tourne les yeux fermés vers le chaſſis, la lumière qui paſſera à travers les paupières, fera voir encore des traverſes blanches & des quarrez noirs par les mêmes raiſons qui ont été dites.

Ces apparences ne paroîtront pas préciſément de même, ſi le chaſſis eſt éclairé immédiatement par le ſoleil; mais on pourra l'expliquer avec autant de facilité par de ſemblables raiſonnemens.

Ceux qui paſſent d'un lieu très-éclairé en un lieu ſombre & obſcur, n'y peuvent diſcerner les objets, ni appercevoir leurs couleurs, juſques à ce que les ouvertures des prunelles ſoient ſuffiſamment dilatées, & que les impreſſions qui ſont demeurées dans les organes de la viſion, ſoient preſque entièrement effacées; & ceux qui paſſent tout à coup d'un lieu fort ſombre & obſcur dans un autre très-éclairé, ſouffrent un éblouïſſement qui bleſſe la vûë, parce que les prunelles qui ſont extrêmement dilatées dans l'obſcurité, ne peuvent étrécir aſſez promptement leurs ouvertures de la manière qu'elles doivent l'être pour voir commodément les objets qui ont beaucoup d'éclat.

F I N.

610901

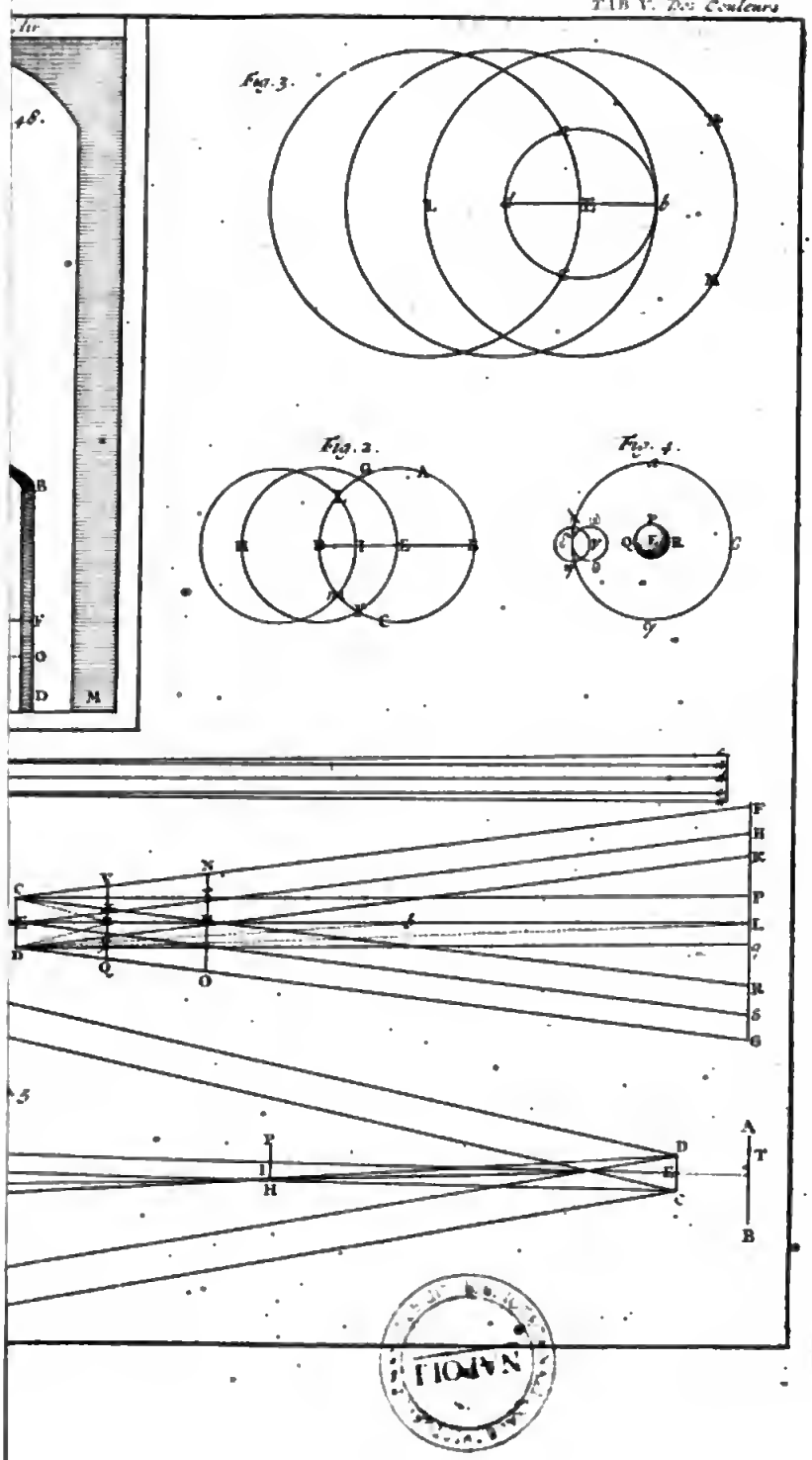
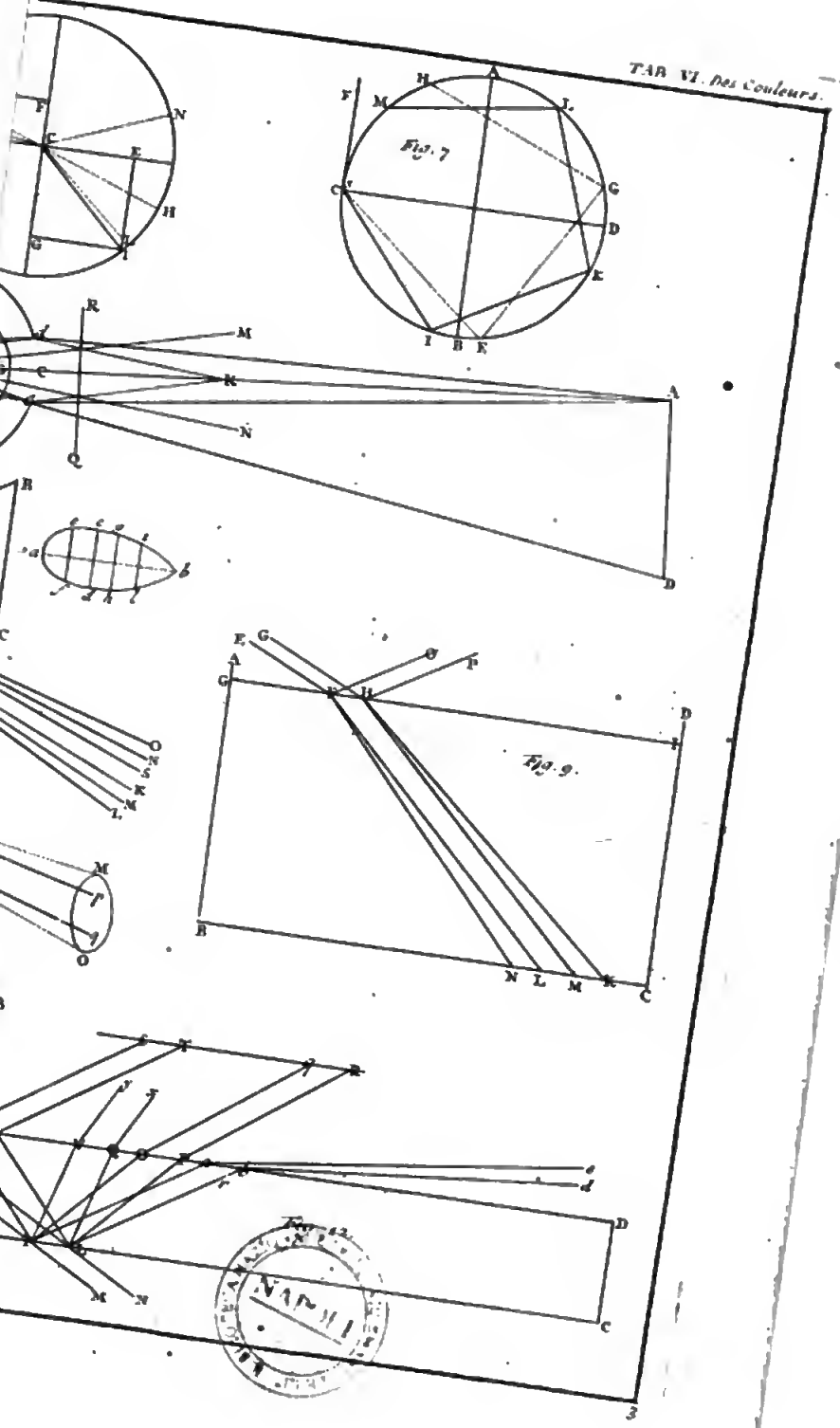
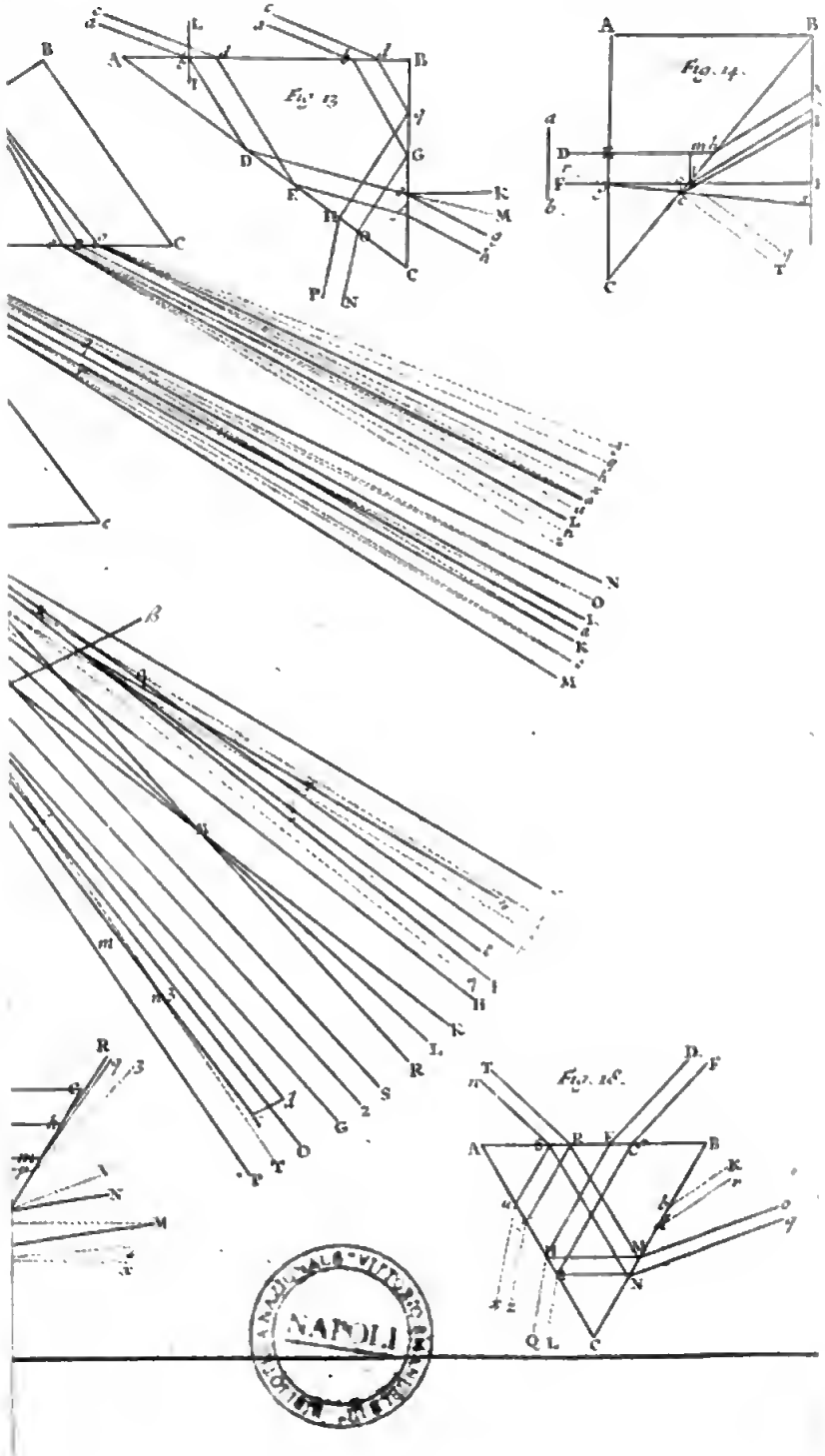


Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 4.
F
H
K
P
L
R
S
G
A
T
B
D
C
E
I
H
M

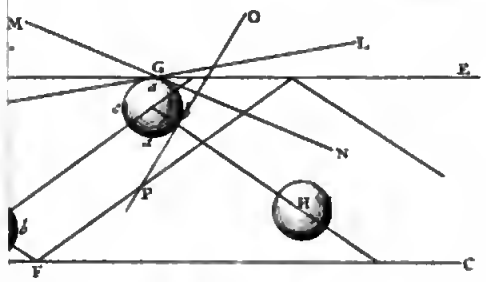


NAPOLI

Digitized by Google



NAPOLI



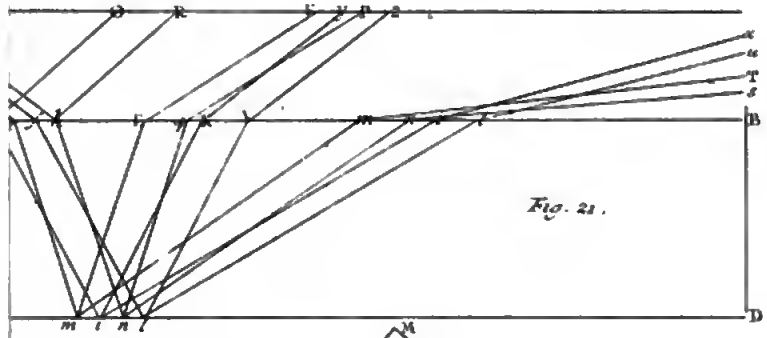
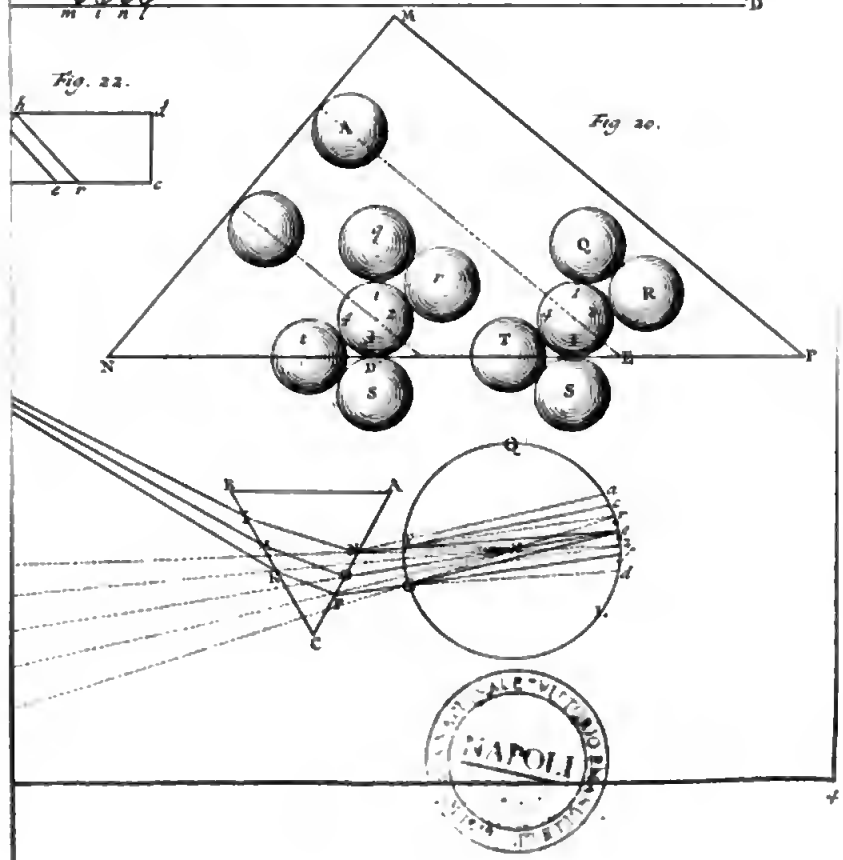
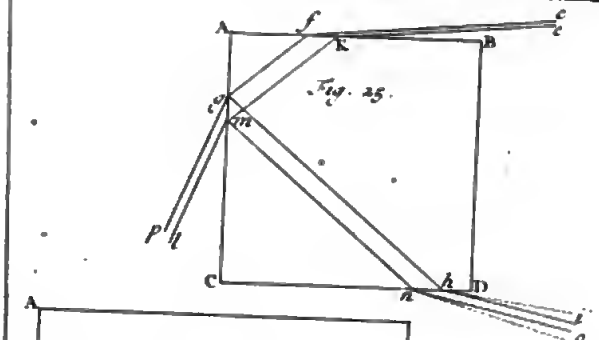


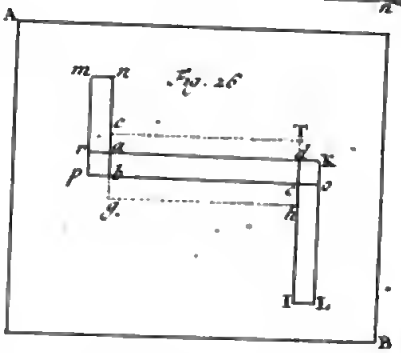
Fig. 21.

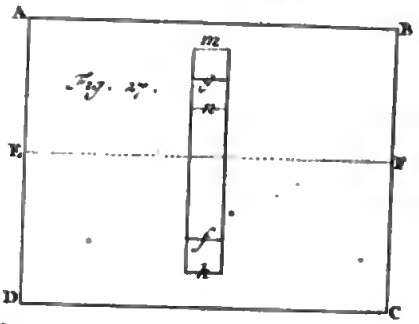
Fig. 22.

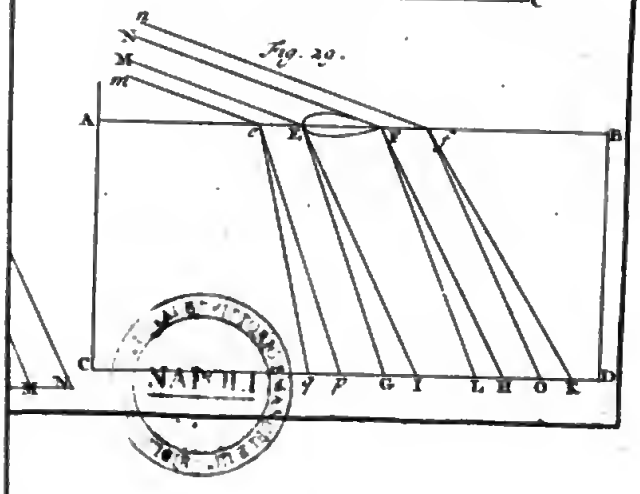
Fig. 20.

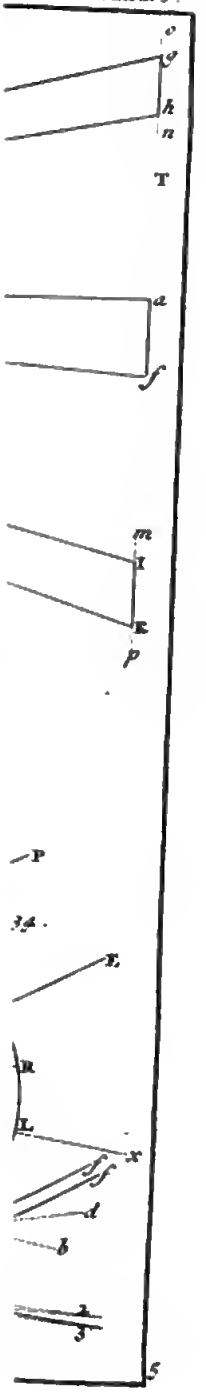


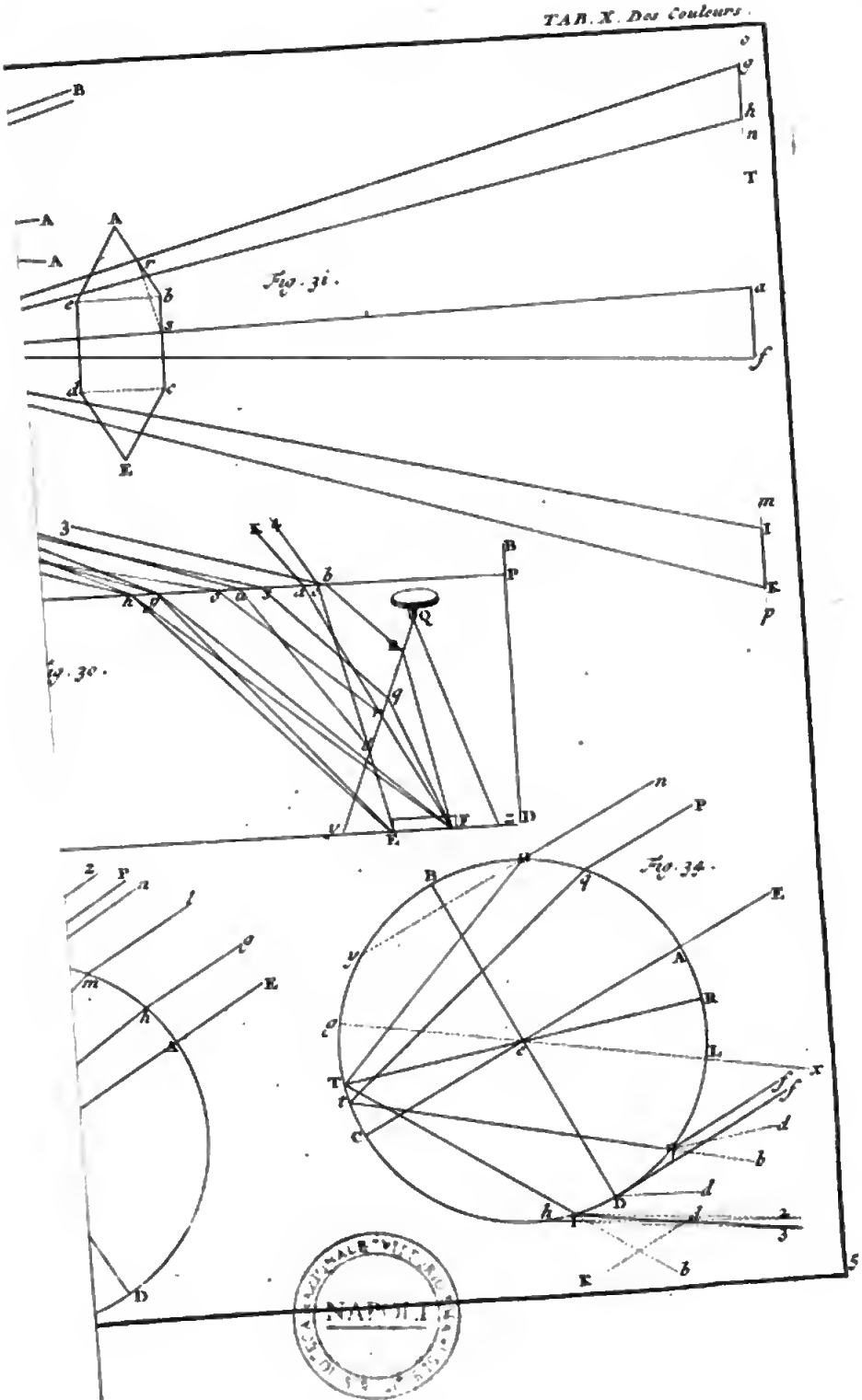

A
f
c
K
B
Fig. 25.
e
m
p
q
C
h
D
n
i
o

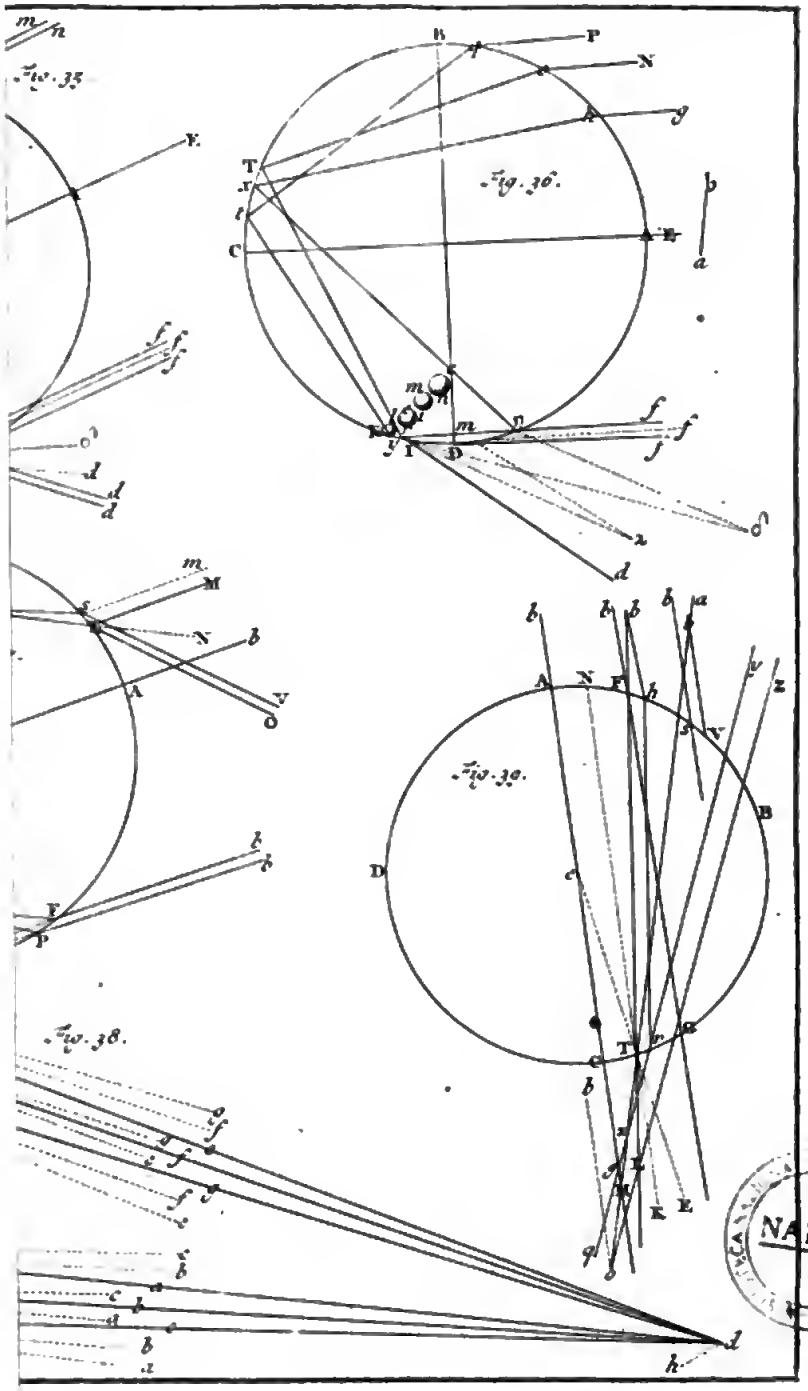

A
m
n
Fig. 26
c
T
r
a
K
p
b
e
g
h
I
L
B


A
B
m
Fig. 27.
E
F
f
D
C

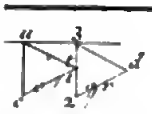

n
N
M
m
Fig. 29.
A
B
C
D
M
N
Z
q
p
G
I
L
H
O
K


e
g
h
n
T
a
f
m
I
K
p
P
34.
E
R
L
x
f
f
d
b
3
5


B
A
A
E
Fig. 31.
o
g
h
n
T
a
f
m
I
K
p
3
B
P
Q
Fig. 30.
n
P
Fig. 34.
E
A
R
L
x
T
C
D
b
d
2
3
5
K
NAPOLI



NAPOLI



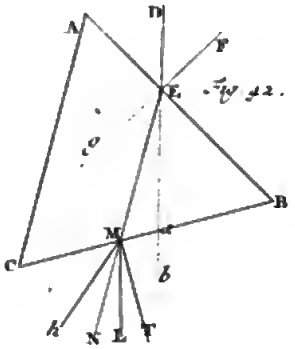


Fig. 42.

Fig. 41.

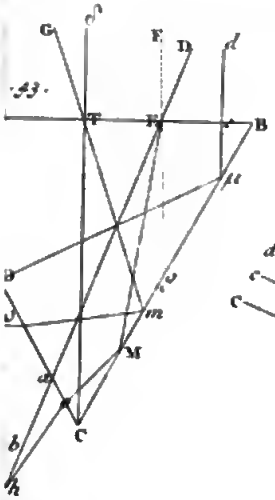


Fig. 43.

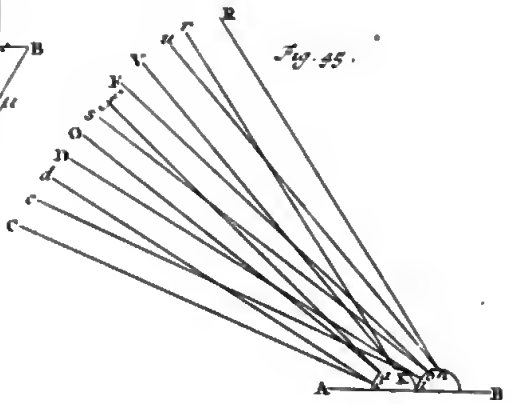


Fig. 45.

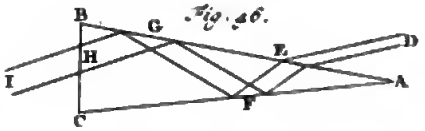
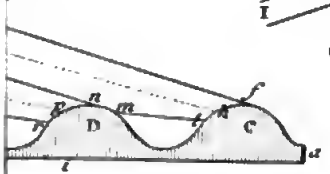
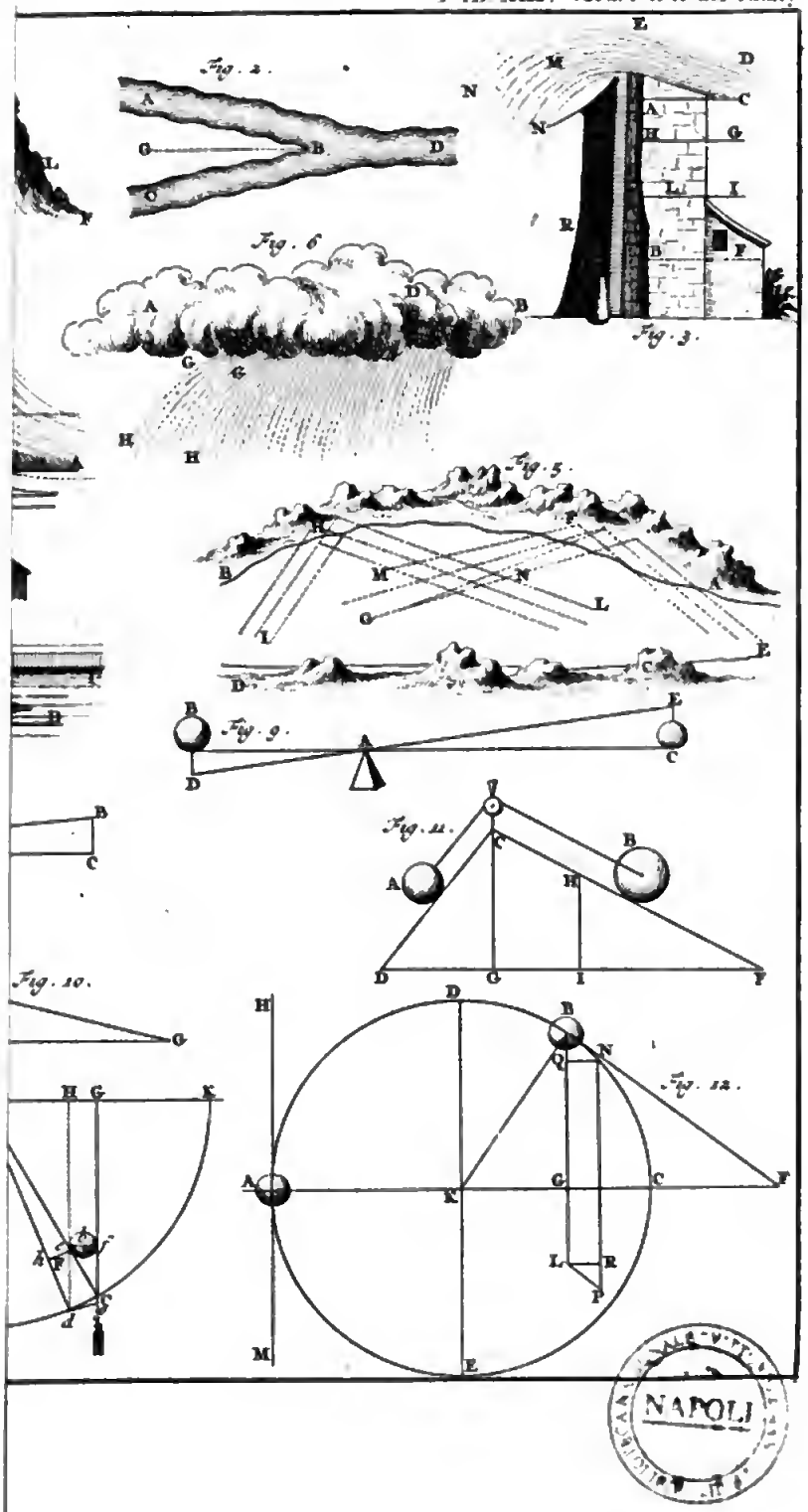


Fig. 46.



NATIONAL



NAPOLI

Digitized by Google

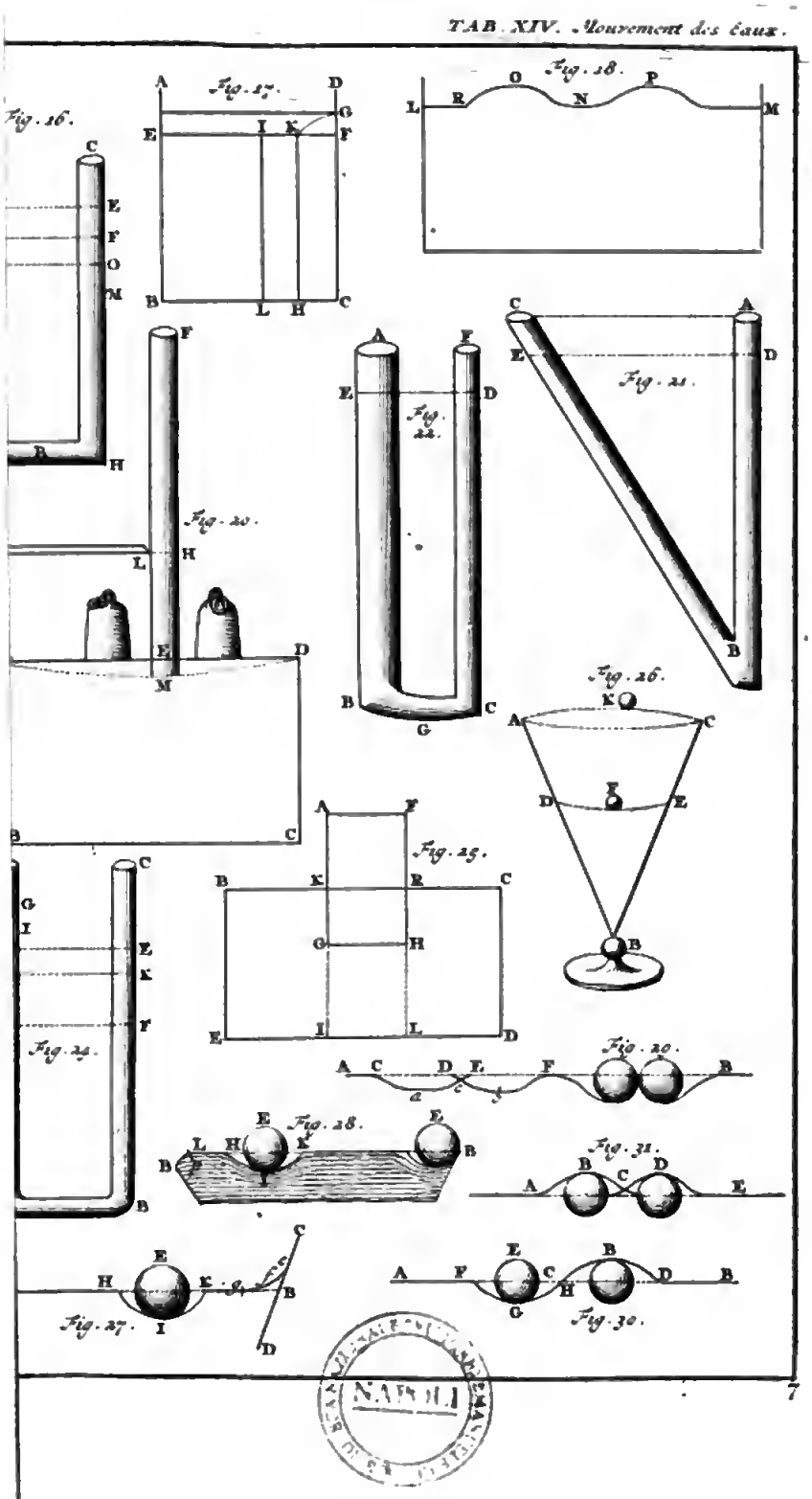


Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19.
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31.

NATIONAL

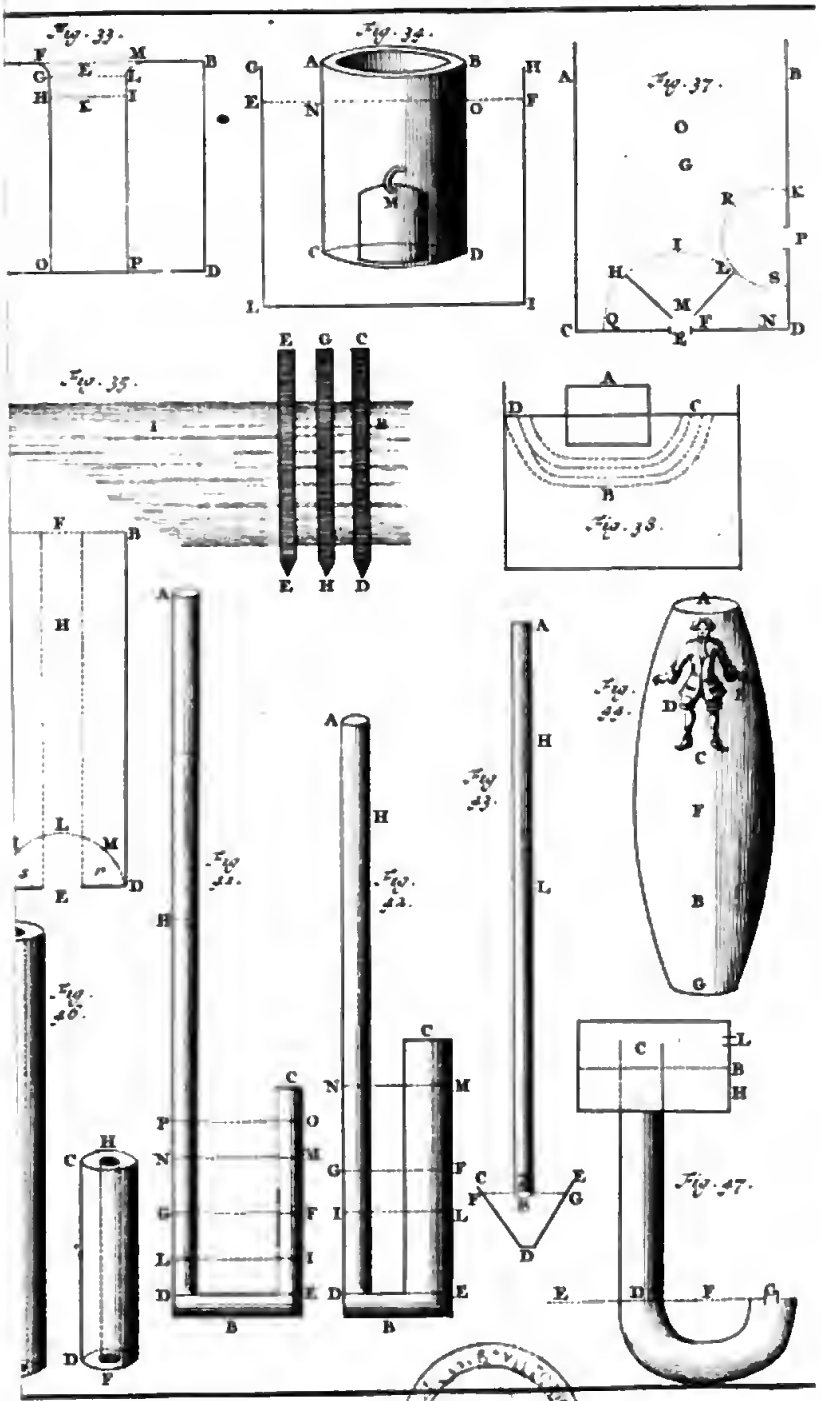


Fig. 33.
Fig. 34.
Fig. 37.
Fig. 35.
Fig. 38.
Fig. 39.
Fig. 40.
Fig. 41.
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 47.

NAPOLI

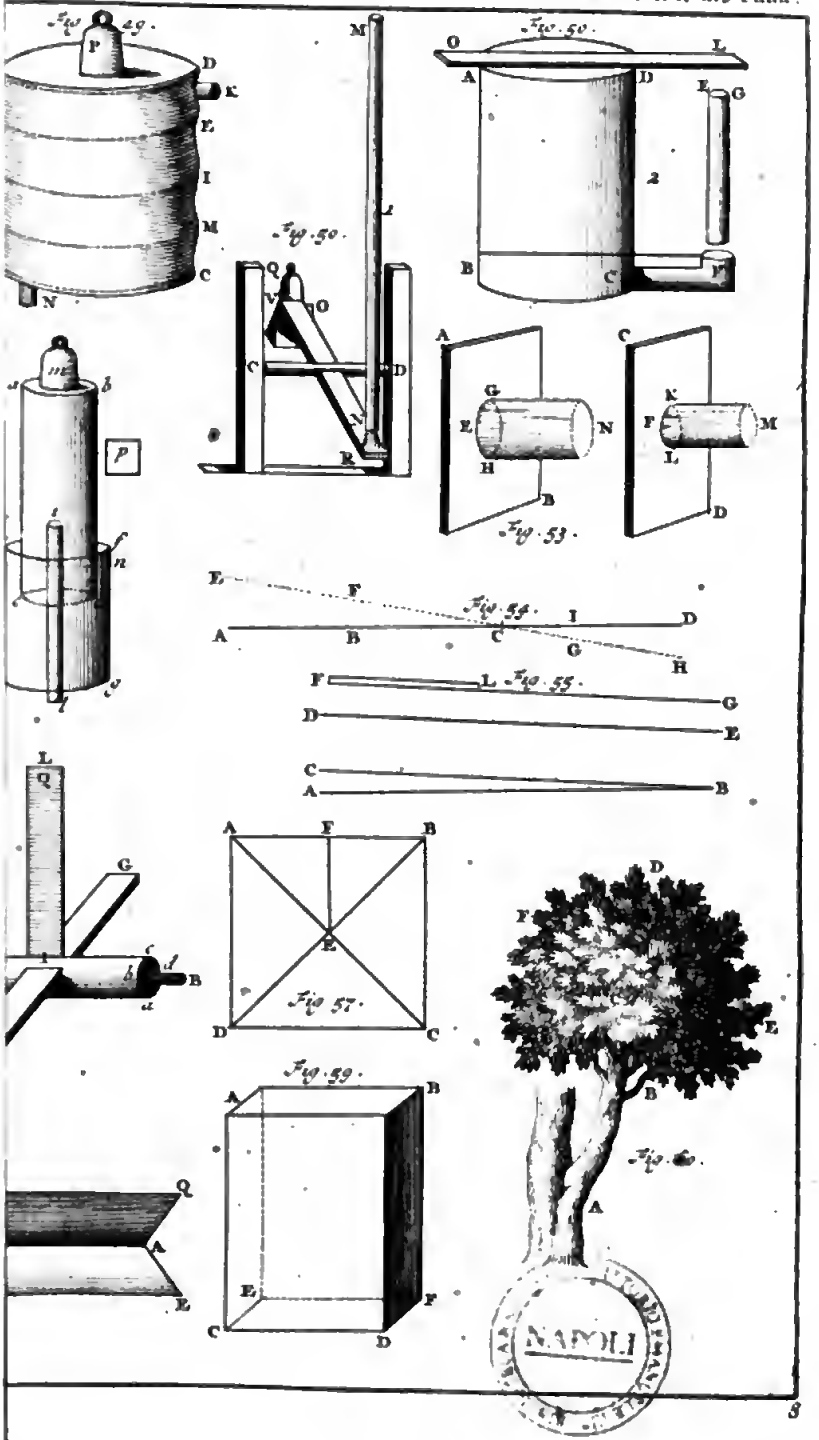


Fig. 49.
P
D
K
E
I
M
C
N
M
L
Fig. 50.
Q
V
O
C
D
R
Fig. 52.
O
L
A
D
E
G
2
B
C
F
A
G
E
N
H
B
Fig. 53.
C
K
F
M
L
D
a
b
m
P
i
f
n
e
d
E
F
Fig. 54.
I
D
A
B
C
G
H
F
L
Fig. 55.
G
D
E
C
A
B
L
Q
G
c
d
b
B
a
A
F
B
E
D
C
Fig. 57.
Fig. 59.
A
B
Q
A
E
E
F
C
D
D
F
E
B
Fig. 60.
A
NAPOLI

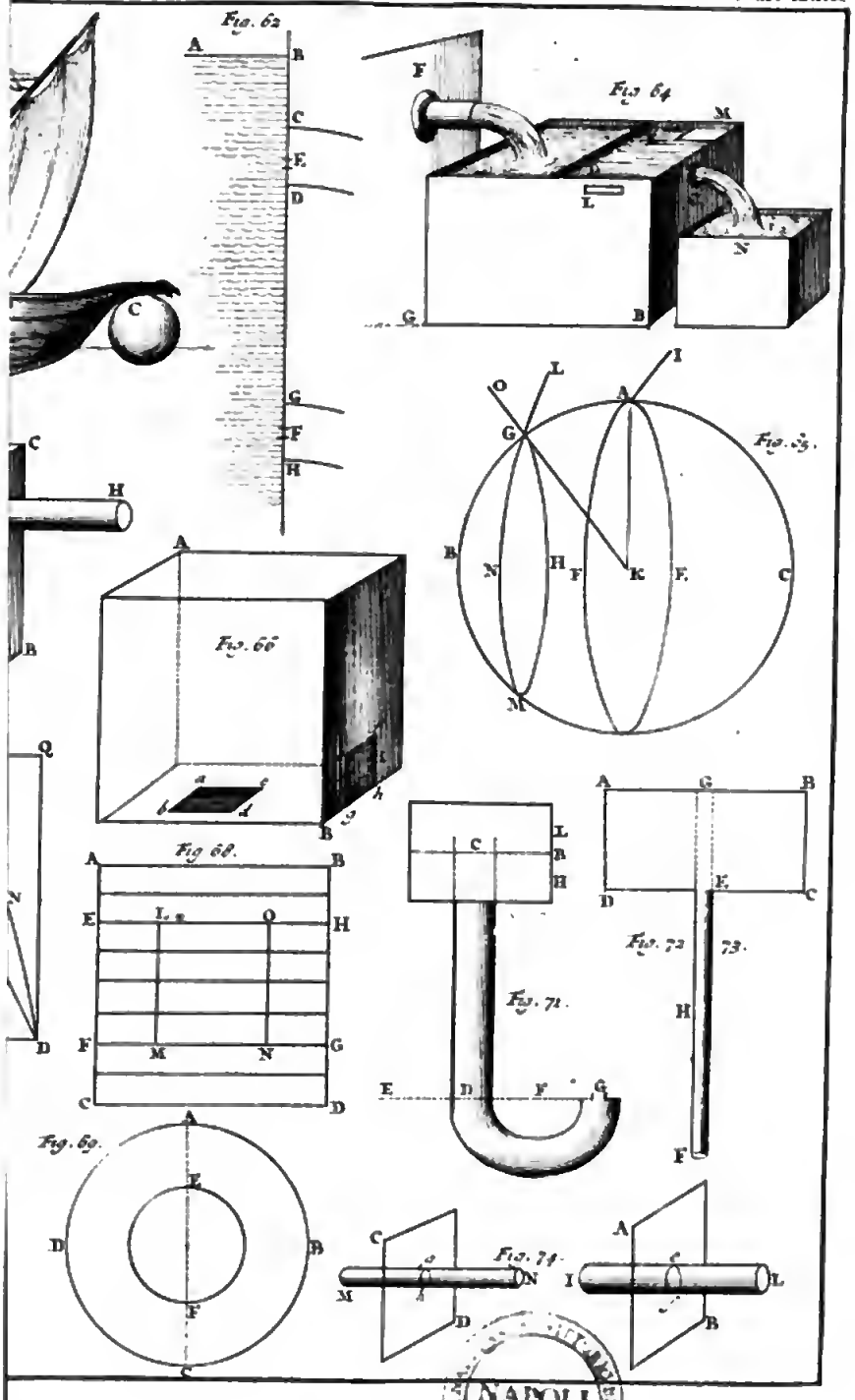


Fig. 62
A
B
C
E
D
G
F
H
C
H
B
Fig. 64
F
M
L
N
G
B
O
L
I
A
G
Fig. 65.
B
N
H
F
K
F.
C
M
A
Fig. 66
a
e
b
d
h
B
Q
N
D
Fig. 68.
A
B
E
L
O
H
F
M
N
G
C
D
C
L
B
H
Fig. 71.
E
D
F
G
A
G
B
D
F.
C
Fig. 72
73.
H
F
Fig. 69.
A
E
D
B
F
C
C
Fig. 74.
N
M
D
A
I
L
B
NAPOLI

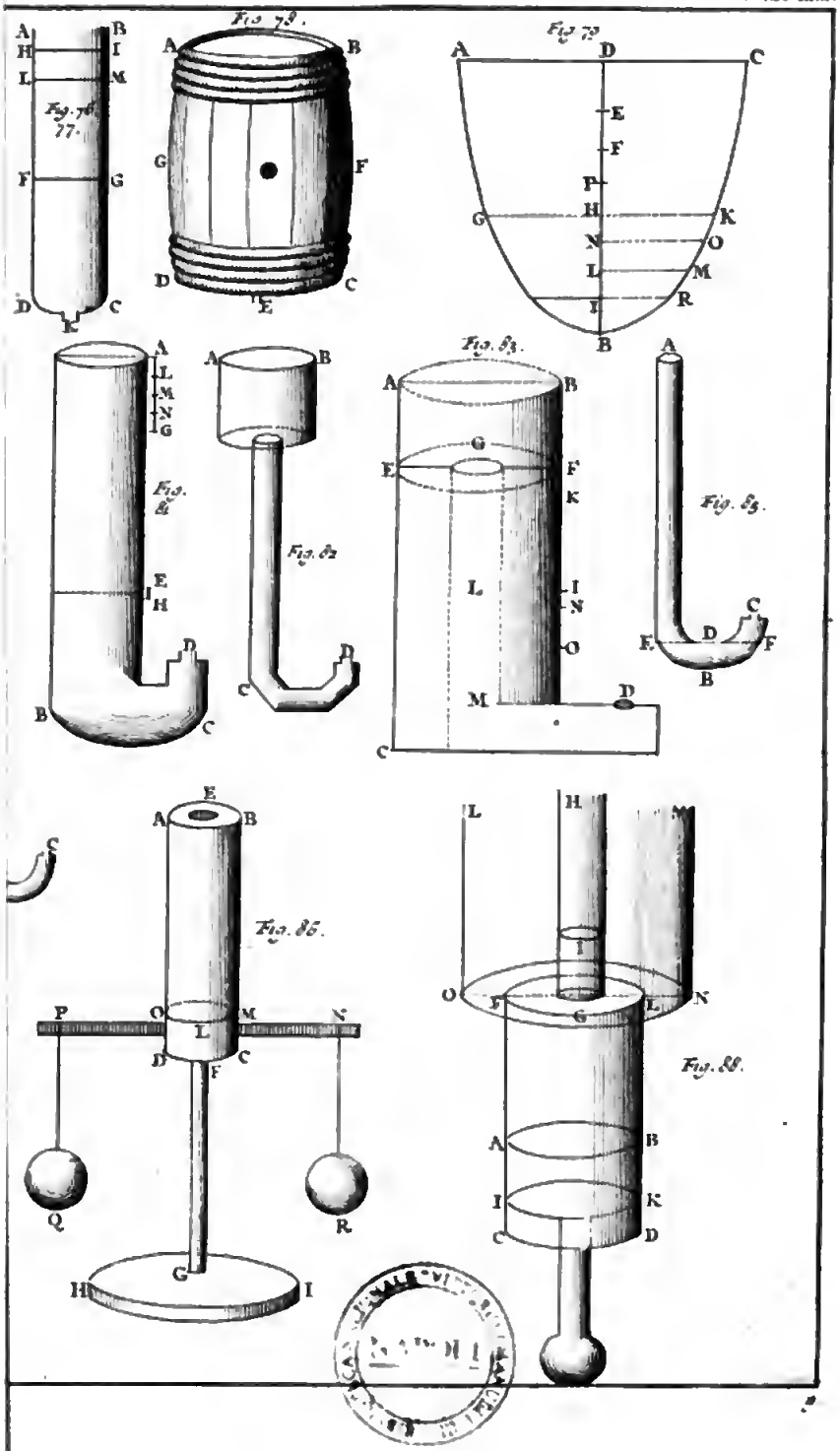


Fig. 73.
Fig. 72.
Fig. 74. 77.
Fig. 81.
Fig. 82.
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 88.

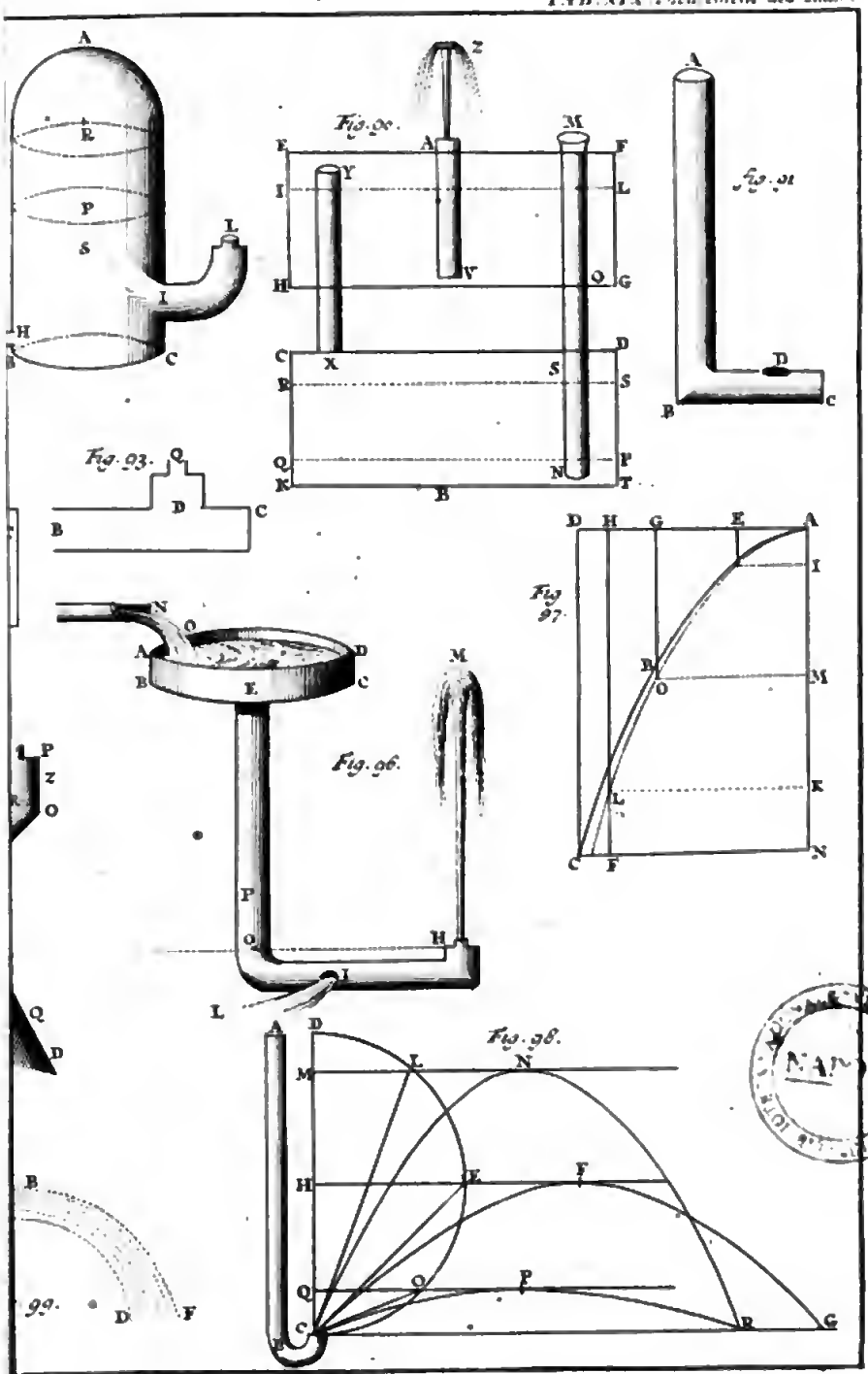


Fig. 90.
Fig. 91.
Fig. 93.
Fig. 96.
Fig. 97.
Fig. 98.
99.